

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS COBERTURAS VEGETALES PARA
ECOTOPOS PARAMUNOS CARACTERIZANDO LAS INTERVENCIÓNES
ANTROPICAS, EN UNA VENTANA DEL PARQUE NACIONAL NATURAL
PURACÉ**

SAMIR CARLOS JOAQUI DAZA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA
EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN**

2005

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS COBERTURAS VEGETALES PARA
ECOTOPOS PARAMUNOS CARACTERIZANDO LAS INTERVENCIÓNES
ANTROPICAS, EN UNA VENTANA DEL PARQUE NACIONAL NATURAL
PURACÉ**

SAMIR CARLOS JOAQUI DAZA

**Trabajo de grado como requisito parcial para optar el título de
Biólogo**

**Director
APOLINAR FIGUEROA CASAS PhD**

**Asesores
Mg. BERNARDO RAMÍREZ
Esp. CLAUDIA VALENCIA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA
EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2005**

Nota de aceptación

Director

Apolinar Figueroa Casas. (Ph. D.)

Jurado

Mg. Leonidas Zambrano Polanco

Jurado

Mg. Hernando Vergara

Fecha de Sustentación, Popayán, mayo 26 de 2005

Tabla de Contenido.

1. INTRODUCCIÓN	8
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	14
3.1. General.....	14
3.2. Específicos	14
4. MARCO TEÓRICO.....	15
4.1. Origen de la Vegetación Colombiana	15
4.2. Aspectos Generales de las Coberturas Vegetales de Alta Montaña	15
4.2.1. Coberturas Vegetales de Los Paramos	15
4.3. Alteraciones de las Coberturas Vegetales.	17
4.4 Impacto de Las Actividades Antrópicas Sobre El Páramo	17
4.5 Cartografía de Comunidades Vegetales.....	19
4.5.1. Detección de Cambios en la Vegetación	20
4.6 El Análisis Multiemporal.	21
4.7. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	21
4.7.1. SIG - Análisis Multitemporal.....	22
4.7.2. Aplicaciones de un SIG en el Medio Ambiente.....	22
4.7.3. Teledetección.....	23
4.8. Los Modelos Fenomenológicos.	24
4.9 Evaluación de Impacto Ambiental	25
5. HIPÓTESIS	27
6. ANTECEDENTES	28
7. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	33
7.1. Características Generales del Sector San Rafael.....	33
7.2. Descripción Ecológica.....	35
8. METODOLOGÍA.....	36
8.1 Metodología del SIG.	36
8.2. Metodología para Vegetación	40
8.3. Metodología para el Análisis del Sistema Antrópico.	41
8.4 Modelos Fenomenológicos	42
9 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	43
9.1 Evaluación de Impacto Ambiental para las Actividades Identificadas.	43
9.1.1. Matriz de Importancias.....	43
9.2 Recurso 1 – Suelo.....	44
9.3 Recurso 2 – Vegetación	45
9.4 Recurso 3 – Agua.	47
9.5 Recurso 3 – Fauna.....	49
8.6. R4 – SOCIAL	50
9.7 Caracterización de las Actividades Antrópicas	52
9.7.1. ACTIVIDAD CULTIVOS.....	52
9.7.2 ACTIVIDAD GANADERÍA:.....	83
9. 7. 3 ACTIVIDAD QUEMA.....	91
8.8 Modelos Fenomenológicos	93

9.9 Análisis Multitemporal	105
9.10 Análisis de La Vegetación.....	120
10. CONCLUSIONES.....	125
11. RECOMENDACIONES	127
12. BIBLIOGRAIFA	128
ANEXOS	140

Lista de Tablas

Tabla 1 Coberturas escena LandSat 1989.....	109
Tabla 2 Coberturas escena LandSat 1999.....	110
Tabla 3 Tasa de Cambio Multitemporal 1989 – 1999.....	110
Tabla 4 Coberturas a partir de ortofotomapa 1979.	116
Tabla 5 Coberturas a partir de ortofotomapa 1987.	116
Tabla 6 Tasa de cambio 1978 – 1999.....	117
Tabla 7 Prueba chi-cuadrada para los cambios de cobertura de aerofotografías.....	119
Tabla 8 Prueba chi-cuadrada para los cambios de cobertura Imágenes Satelitales	119
Tabla 9 Índice de Jaccard par los tipos fisonómicos.	123
Tabla 10 Esquema de la prueba chi-cuadrada para las coberturas vegetales	123

Lista de Figuras

Figura 1 Simbología - modelos fenomenológicos (Lugo A., 1982).....	25
Figura 2 Localización del Área de estudio.....	34
Figura 3 Laguna de San Rafael.....	35
Figura 4 Esquema de Procesamiento Digital de Imágenes.....	36
Figura 5 Esquema Metodológico - Procesamiento Digital de Imágenes.....	37
Figura 6 Proceso fotogramétrico en el programa LISA.....	39
Figura 7 Diferentes parches de vegetación asentados en el sector San Rafael Parque Nacional Natural Puracé.....	46
Figura 8 Laguna Larga Sector San Rafael, 3400msnm Parque Nacional Natural Puracé.....	48
Figura 9 Traslado de ganado vacuno dentro del sector San Rafael Parque Nacional Natural Purace.....	51
Figura 10 Diferentes Cultivos en la Zona Papa y Arveja en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Puracé.....	53
Figura 11 Eliminación de vegetación en los límites del Parque Natural Puracé.....	56
Figura 12 Efecto de la extinción de una especie.....	78
Figura 13 Actividad ganadera Sector San Rafael, Parque Nacional Natural Puracé.....	84
Figura 14 La quema en el área de Amortiguación, límites con el Sector San Rafael del parque Nacional Natural Puracé.....	92
Figura 15 Modelo Fenomenológico del páramo sin intervención.....	94
Figura 16 Modelo fenomenológico Tensores – Suelo.....	96
Figura 17 Modelo fenomenológico Tensores - Vegetación.....	98
Figura 18 Modelo fenomenológico tensores - Agua.....	100
Figura 19 Modelo fenomenológico tensores - Fauna.....	102
Figura 20 Modelo fenomenológico tensores - Social.....	104
Figura 21 Coberturas Vegetales para el año 1989, Imagen Landsat TM.....	107
Figura 22 Coberturas Vegetales para el año 1999, Imagen Landsat TM.....	108
Figura 23 Cambios detectados entre 1989 – 1999.....	111
Figura 24 Imágenes satelitales Lantsat TM 1989 – 1999.....	111
Figura 25 Ortofotomapa 1979 Sector San Rafael – Procesado en LISA V3.2.....	112
Figura 26 Ortofotomapa 1987 Sector San Rafael – Procesado en LISA V3.2.....	113
Figura 27 Coberturas Vegetales par el año 1979, Aerofotografías.....	114
Figura 28 Coberturas Vegetales par el año 1987, Aerofotografías.....	115
Figura 29 Cambio de Coberturas para Aerofotografías.....	118
Figura 30 Relación de Familias, géneros y especies más representativos encontrados.....	121
Figura 31 Localización sitios de Muestreo.....	122

*A Dios por permitirme
terminar esta etapa de mi vida;
a mis padres, hermanos y
familiares por su apoyo
permanente*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa agradecimientos Por su contribución con sus conocimientos y apoyo para la realización de este trabajo a:

Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales Dirección Territorial Surandina. (U.A.E.S.P.N.N). Parque Puracé
Por el apoyo permanente logístico y de acompañamiento.

Cabildo Indígena de Puracé: Por el aporte con sus conocimientos del territorio y acompañamiento el las largas jornadas de campo.

A la Comunidad del Crucero (Puracé): Por su acogida y acompañamiento en las jornadas de campo.

Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear -INGEOMINAS- Por su colaboración.

Grupo de Ingeniería Telemática - GIT - de la Universidad del Cauca, por su Colaboración.

Apolinar Figueroa Casas. Ph.D. Docente del programa de Biología, Universidad del Cauca, Director del trabajo, Por su amistad, sus valiosos aportes, su constante preocupación y gestión para sacar adelante esta empresa.

Juan Pablo Martínez Idrobo Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca. Por su amistad y valiosos y generosos aportes en la consolidación de esta obra.

Miembros del Grupo de Estudios Ambientales. Universidad del Cauca, por toda la colaboración e interés mostrado durante el desarrollo del proyecto.

Mónica Patricia Valencia: Bióloga, Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca. Por su Amistad, trascendentes aportes y concejos para este trabajo.

Clara Milena Concha Lozada: Grupo de Estudios Ambientales - Universidad del Cauca, Por su amistad, entusiasmo y apoyo brindado durante el proceso.

Volker Heck Asp. Doctorado en ciencias Naturales Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf Heinrich-Heine-Universität Dusseldorf Alemania: Por aportes con sus conocimientos y paciencia en el proyecto.

Daniel Castañeda: Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales Dirección Territorial Surandina. (U.A.E.S.P.N.N.). Por sus conocimientos y aportes para la consolidación de este trabajo.

Al Maestro, Bernardo Ramírez Padilla: Docente de Biología, Director del Herbario Universidad del Cauca, por las recomendaciones y colaboración en la identificación del material vegetal colectado.

Claudia C. Valencia. Especialista en SIG. Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca. Por su colaboración y apoyo técnico para el manejo de las plataformas SIG.

Ing. Juan Carlos Corrales: Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca, por colaboración y aportes.

Ing. Carlos Arturo Leon Roa: LATIN Universidad del Cauca, Por su colaboración y gestión en este proyecto.

Miembros del Énfasis en Recursos Vegetales. Programa de Biología Universidad del Cauca, por el apoyo brindado durante el desarrollo del trabajo del herbario.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente intervención humana en los ecosistemas de alta montaña ha ido alterando el hábitat de diferentes especies, lo que puede, con el tiempo, derivar en una pérdida de biodiversidad. El estudio del cambio de uso de las tierras y la identificación de las causas que lo generan contribuye a procesos de evaluación y gestión ambiental de estos ecosistemas, aportando soluciones que conllevan a una relación congruente con los procesos de desarrollo humano y el ecosistema.

El proceso de análisis multitemporal que en esta investigación se realiza permite evaluar el comportamiento de las coberturas vegetales espacial y temporal así como identificar las causas de estas alteraciones para el sector de San Rafael en el Parque Nacional Natural de Puracé, durante un transcurso de tiempo que permitiera apreciar las variabilidades en la vegetación. Para tal fin se emplearon imágenes satelitales LANDSAT TM de los años 1989 y 1999 a las cuales se les realizó el respectivo procesamiento digital, las correcciones pertinentes y georreferenciación con puntos de control tomados en campo para aumentar su calidad geométrica, con estas se realiza una clasificación de las coberturas vegetales, los resultados de este análisis mostraron una reducción considerable en los bosques, y un aumento significativo en las coberturas vegetales intervenidas (pastos cultivados y áreas construidas) también se aprecia un aumento poco significativo en las coberturas de páramo. Para análisis con fotografías aéreas se utilizó una muestra comprendida entre los años 1979 y 1987, a una escala 1:35000 con una buena calidad, a partir de este insumo se elaboran 2 ortofotomapas con una escala de 1:50000, los cuales permitieron hacer una clasificación por tipos fisiográficos, en la ventana de estudio, con los mapas temáticos de uso de suelo se realizó el análisis multitemporal para el sector, encontrándose un aumento significativo solo corresponde a las coberturas intervenidas tipo pastos,

Las actividades antrópicas identificadas más influyentes que están contribuyendo a la disminución de la cobertura, son: quema, ganadería y cultivos.

En este sentido el análisis de las matrices causa – efecto permite identificar una calificación de 4 valores de importancia para cultivos y ganadería, y 3.25 para quema, sobre 10 valores de importancia como máximo posible, según el diseño metodológico empleado. Estos valores indican que la trascendencia de estas actividades sobre el sistema es significativamente adversa dado que los diferentes componentes del mismo están sufriendo tensiones, las cuales se relacionan y sustentan en el desarrollo correspondiente a cada matriz.

Las identificaciones de la vegetación se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuesta por Braun-Blanquet 1979 para coberturas rasantes, y Gentry 1993 para bosques. Respecto a los cambios detectados se diseñaron

modelos fenomenológicos a partir de los resultados obtenido del SIG para evidenciar las alteraciones espacio temporales de la vegetación. Para conocer la similitud florística entre los sistemas estudiados, se empleo el coeficiente de Jaccard (J), para los dos estadios (Intervenido y Poco intervenido) de las diferentes tipos fisionomicos, encontrándose que hay un alto porcentaje de disimilitud en todas las coberturas vegetales analizadas, la prueba de chi-cuadrada nos indica que hay diferencias significativas en cuanto al número de especies para bosque y arbustal, mientras que para las otras coberturas no es significativo.

2. JUSTIFICACIÓN

El páramo es un ecosistema en el cual las condiciones ambientales son drásticas en el que operan un conjunto de factores climáticos edáficos y geomorficos lo que condiciona la presencia de organismos exigiendo altos niveles de adaptación y operando en estos sistemas naturales un tipo de selección biótica específica.

Podríamos decir, que debido a los factores extremos bajo las cuales se desarrolla la vegetación es de baja biomasa, la materia orgánica es de lenta descomposición, hay acumulación de necromasa tanto en pie como en el suelo y los bancos de semillas son superficiales y fácilmente degradables. Todos estos aspectos hacen que los procesos de sucesión y regeneración sean lentos (VARGAS, 1996).

Desafortunadamente, por varias razones las actividades humanas sobre los ecosistemas de alta montaña son intensivas y no siempre sustentables ya que en muchas áreas los remanentes de bosque son talados, los humedales drenados y el resto del páramo transformado en potreros degradados y cultivos sin mayor rendimiento. Dichas actividades han afectado procesos básicos de estos ecosistemas para el desarrollo de las comunidades humanas asentadas en áreas bajas alterando funciones ecosistemicas del páramo tales como: la regulación hídrica, térmica edáfica y geoquímica al igual que su diversidad biótica.

Existen publicaciones que refieren sobre la degradación de los paramos y que señalan las actividades humanas que están influyendo en la degradación los cuales en términos generales podrían ser resumidas en los siguientes:

1. Quemadas indiscriminadas.
2. Ganadería extensiva.
3. Corte de matorrales y arbustales
4. Explotación mímica.
5. Agricultura.
6. Procesos de Colonización.
7. Establecimiento de plantaciones forestales con especies exóticas.
8. Apertura de Carreteras.

Por lo anterior es necesario desarrollar trabajos conducentes a evaluar cuantitativamente como se han comportado las coberturas vegetales, espacial y temporalmente respecto a los tensores antrópicos mencionados anteriormente caracterizando indicadores que permitan adelantar una Evaluación Ambiental de la zona de estudio.

3. OBJETIVOS

3.1. General.

- Evaluar el comportamiento de las coberturas vegetales espacial y temporalmente para una región de páramo mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica.

3.2. Específicos.

- Caracterizar los parches vegetación presentes en el área de estudio.
- Estructurar modelos fenomenológicos a partir de los resultados obtenido del SIG que permitan evidenciar los cambios espacio temporales de la vegetación.
- Realizar a partir del modelamiento obtenido del SIG un análisis que permita identificar los impactos generados sobre la vegetación y sus áreas de influencia.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Origen de la Vegetación Colombiana.

Cuatrecasas (1958) afirma que la mayor cobertura natural que cobija el país es la selva virgen neotropical, las especies que la conforman son auténticamente neotropicales. Debido al levantamiento de los Andes se generaron nuevas condiciones ambientales diferentes las cuales propiciaron la disminución de las temperaturas en las regiones emergidas. Dichos cambios posiblemente condicionaron la selección de las mutaciones y con ello la formación de nuevos géneros y especies. Pese al escaso conocimiento de la flora de las regiones neotropicales, los datos que se disponen en la actualidad indican que la flora de los Andes y de las tierras bajas en que se asientan, constituyen una compleja unidad de formas taxonómicas emparentadas. En toda el área se repiten las mismas familias y casi todos los géneros sin ninguna diferencia latitudinal. El mismo autor señala respecto a la distribución altitudinal y a la adaptabilidad de las altas montañas la selección natural ha actuado en beneficio de ciertos grupos pero es un hecho claro que la mayor parte de la flora de las faldas andinas se ha derivado de las partes bajas.

4.2. Aspectos Generales de las Coberturas Vegetales de Alta Montaña

Según Lueteyn 1999, (citado por QUIZHPE. et al., 2001) se denomina páramo al ecosistema localizado entre el límite superior del bosque y la línea de las nieves perpetuas con un tipo de vegetación característica, estos orobiosomas se extienden desde el norte de Perú hasta Venezuela, con pequeñas partes en Costa Rica y limitan con vegetaciones alpinas más secas, en el sur con “puna” en las áreas del altiplano en los Andes Centrales y “jalca” en el norte de Perú y en el norte con “zacatonal” en altitudes elevadas de los volcanes en México y Guatemala (HOFSTEDE *et al.* 1998), Ecológicamente el páramo es un ecosistema frágil y lento en recuperarse después de perturbaciones, por lo tanto cualquier actividad humana tiene gran impacto en él (LUTEYN 1992, citado por QUIZHPE. et al., 2001).

4.2.1. Coberturas Vegetales de Los Paramos.

Con respecto a la distribución de las comunidades bióticas de alta montaña Odum (1972) sostiene que es complicada, debido a la diversidad de las condiciones físicas, donde las principales se presentan por lo general como bandas irregulares, a menudo con ecotonos muy angostos, En un área montaña podrían estar presentes de cuatro a cinco biomas principales con muchas subdivisiones en zonas, de otro lado las comunidades más semejantes están más aisladas en las montañas dado que las cadenas montañosas pocas veces son continuas. Como

resultado del aislamiento y diferencias topográficas, muchas especies son únicas respecto a comunidades de la montaña. Lo que se suele presentar en los ecosistemas paramunos donde su flora tiene un alto grado de singularidad, demostrado por la biogeografía única y el alto grado de endemismo en este ecosistema (CLEEF 1981, LUTEYN 1992., citado por. COPPUS. et al sf).

La cobertura vegetal de estos ecosistemas esta formada principalmente un prado dominado por gramíneas, entremezcladas con arbustos de hojas coriáceas y con plantas cespitosas, almohadillas y arrochetadas. Entre estas últimas se encuentran las representativas de las plantas de los paramos colombianos, se hace referencia a los frailejones del genero *Espeletia*. Algunos de estos tienen tallos ramificados pero otros, los auténticamente paramunos, son sencillos y enhiestos levantando a cierta altura (1 – 4 metros pero generalmente alcanzan hasta 10 m) el gran rosetón de hojas lanudas; en realidad constituyen un tipo biológico, llamado *caulirósula*.

Las gramíneas que caracterizan los prados del páramo forman densos haces de hojas rígidas e involutas (enrolladas) apretadas entre si, pertenecientes principalmente a los géneros *Calamagrostis* y *Festuca*. Ellas constituyen sin duda el porcentaje mas alto de la cobertura vegetal de este piso. Los arbustos del páramo son generalmente pequeños y ramosos presentando hojas coriáceas, pequeñas (nanofilas o leptofilas)

Las hierbas de los páramos tienen frecuentemente las hojas vacilares arrochetadas o bien sus tallos ramosos, densamente intrincados, forman un denso césped en forma de almohadilla o de alfombra¹.

El piso del páramo puede dividirse en tres subpisos (Cuatrecasas 1989). En Colombia, se encuentran en las tres cordilleras de los Andes y en la Sierra Nevada de Santa Marta; su extensión total está entre 1.135.000 y 1.800.000 has (aproximadamente el 2% del territorio nacional). Los límites altitudinales en que suelen ubicarse estos ecosistemas son: para el subpáramo por encima de los 2.800msnm, para el páramo entre 3.200 y 4.200 o 4.500 msnm, y el superpáramo por encima de esta altitud, a continuación se hace una breve descripción de estas subdivisiones.

➤ **El Subparamo.**

Se caracteriza por ser una región con abundante matorral que ocupa cinturón, de anchura muy irregular, mas bajo del páramo; no es más que la zona de transición entre el bosque andino y el páramo propiamente dicho; su vegetación es una

¹ CUATRECASAS José. Aspectos de la Vegetación Natural de Colombia. En: PEREZ – ARBELAEZIA. Bogotá. Vol. 2, No 8; (Enero – Diciembre 1989); 147 – 446p.

mezcla de elementos de ambos².

➤ **Páramo Propiamente dicho.**

Aquí corresponden las formaciones de prado de gramíneas fasciculadas y frailejones, aunque también aparecen entremezcladas una diversidad considerable de plantas. Tiene depresiones que permanecen encharcadas permanentemente con formación de humedales de turbera o pantano de musgos con arbustos enanos.

➤ **El Superpáramo.**

Arriba de los 4500msnm reemplaza al páramo con una cobertura vegetal decreciente, casi nula. Y empieza una estrecha zona que llega hasta el nivel de la nieve. Donde la vegetación esta dispersa y disociada, en un suelo pobre sobre arena y grava. Este tipo de vegetación es diferente a la del páramo propiamente dicho y su sociabilidad es también diversa.

En esta zona se encuentran muchos endemismos localizados, y la razón es que se trata de un piso interrumpido constantemente de un extremo a otro de los Andes ocupando solo casquetes aislados unos de otros³.

4.3. Alteraciones de las Coberturas Vegetales.

Cuando ocurre una perturbación a nivel de las coberturas, sus áreas podrían decrecer en términos generales ocurre lo siguiente. Usualmente los tamaños de las poblaciones cambian rápidamente y algunas especies serán localmente extintas es decir que desaparecen del área perturbada, también dependiendo de la intensidad de las perturbaciones estas pueden permanecer en bajo numero o bajo tamaño de las poblaciones y aun en forma latente tal como semillas, esporas, huevos u otros. Suele ocurrir un cambio drástico en las poblaciones sobrevivientes, aumenta la tasa de extinción y migración y baja la tasa de la población pero no llega a cero. Las áreas que por algún motivo han sido sometidas a procesos de perturbación y quedan parches de vegetación, estos suelen ser del tipo de parches que mas rápido desaparece (FORMAN & GODRON. 1986).

4.4 Impacto de Las Actividades Antrópicas Sobre El Páramo

Las actividades humanas en los ecosistemas de alta montaña son intensivas con prácticas que se asocian a procesos de adecuación y transformación de coberturas naturales con fines de utilización espacial para ganadería y agricultura

² Ibid., p:224

³ Ibid., p: 238

razón por la cual muchas áreas con remanentes de bosque han sido taladas, los pantanos drenados generando un sistema ambiental de alta fragilidad y con bajos rendimientos en los cultivos implementados. Estas transformaciones que son intensas y extensas y el sentido de áreas alejadas y no útiles en términos de su uso comparado con tierras bajas y planas, aparte de la altura, de las condiciones climáticas extremas generaron la idea herrada de baldíos que estuvieron ocupados por poblaciones que en épocas históricas fueron desplazadas de las zonas bajas y se vieron obligadas a ocupar y explotar estos sectores que hoy se identifican como estratégicos para el mantenimiento y sostenibilidad de los ecosistemas hídricos de nuestro país.

Esta característica de intervención humana sumada a los procesos del conflicto armado ha proporcionado sobre este ecosistema acciones y efectos contrapuestos en lo social y lo natural. En el primer caso al convertirse en un escenario de conflicto armado ha obligado en algunos sectores el desplazamiento hacia zonas bajas de las actividades de ocupación de los páramos permitiendo la regeneración natural que por que por periodos de tiempo itinerantes de 3 a 4 años han condicionado acciones agropecuarias en algunos sectores de esta zona de vida. Así expresado la antropización de los páramos hace difícil una delimitación exacta de los mimos puesto que se presentan páramos azonales que no han sido mas que el producto de las diferentes intervenciones que a lo largo del tiempo se han venido efectuando.

La definición exacta de la extensión de este bioma no es sencilla por lo tanto determinarla requiere fundamentalmente de poder con absoluta certeza cual es la caracterización ecológica de su ambiente, situación muy incierta si se tiene en cuenta que los impactos ambientales causados por las actividades antrópicas a los que se ha sometido el páramo propiamente dicho, hace que este se haya extendido a zonas del bosque altoandino y, al bosque de niebla que una vez se degrada ambientalmente pueden mostrar características paramunas o graminoides, esto contribuye a que la extensión de este orobioma sea complicada, (CATAÑO. 1996).

Otros autores sostienen que el fenómeno denominado proceso de paramización (VAN DER HAMMEN 1997 citado por CATAÑO. 2002), en el sentido del reemplazo de la vegetación boscosa por vegetación abierta de "tipo páramo", trae serios problemas de clasificación información de imágenes de satélite. En realidad, los procesos antrópicos de uso de los suelos que ocasionan cambios en las coberturas vegetales tanto de los páramos como de los bosques alto andinos están conduciendo a la praderización de los ecosistemas de alta montaña y no a una paramización, ya que no se están formando páramos de origen antrópico ni los páramos naturales están aumentando su cobertura (CASTAÑO-URIBE. 2002).

Molano 2002 refiere el retroceso de los glaciares, que se ubican hacia los 4.700 msnm. y un consecuente avance del páramo sobre las zonas periglaciares abandonadas por las moles glaciares. Que se ubican hacia los 4.700 msnm. y un

consecuente avance del páramo sobre las zonas periglaciares abandonadas por estos. Así, el páramo obtiene un nuevo límite superior, provocado por el cambio general en los ambientes de las altas montañas ecuatoriales. Estos cambios se expresan en la destrucción de la selva andina, dejando algunos cuerpos selváticos en vías de agotamiento y extinción. Estos fragmentos de selva ahora están rodeados de vegetación de páramo, el cual ha descendido altitudinalmente de los 4.000 a los 3.500 msnm., copando ampliamente muchos lugares de las selvas altoandinas y andinas proyectándose aún más abajo de este límite en forma de páramos antrópicos con un carácter azonal inducido por la tala y quema de la selva en espacios localizados. Como consecuencia del retroceso de los glaciares y la destrucción de las selvas de las altas montañas, el páramo se ha extendido considerablemente ocupando distintos ambientes, muchos de ellos contrastantes como son las zonas periglaciares y las áreas de las selvas húmedas y nubladas.

Este fenómeno es conocido como paramización de las altas montañas y debe entenderse no sólo como la colonización de las altas vertientes, los valles altos y los paisajes de turberas y acumulados glaciares, por la vegetación y fauna del páramo, muy resistente, con una suficiente plasticidad genética y con una considerable amplitud ecológica, sino como un proceso de pérdida de la biodiversidad al destruirse los equilibrios ecológicos de la adaptación y evolución de la vida en estos paisajes, por la pérdida de los ecotonos de interacción y transferencia de condiciones para repoblar el páramo o para restaurar la selva. Se alteran de esta manera muchos nichos, rutas migratorias temporales o permanentes, fuentes de alimentación, áreas de reproducción para muchas especies y se indujeron migraciones de especies animales; y lo más delicado, se provocaron procesos de extinción local. Estos paisajes modificados muestran fragmentos de selva relictuales en los antiguos lugares donde la selva creció en forma continua.

Acápíte a parte merece los incendios antrópicos o inducidos, que es una de las causas mas frecuentes de procesos de paramización y de destrucción del páramo, a través de las conflagraciones realizadas por lo general al finalizar los periodos secos eliminan anualmente entre el 6% y el 8% de la superficie de los paramos Colombia. Entre las consecuencias mas evidentes de los procesos de degradación del páramos, encontramos la desecación de pantanos y turberas, el acelerado proceso de desertificación y perdida de la retención de agua y, al incremento de solifuxión y erosión eolica entre otros (CATAÑO. 1996)

4.5 Cartografía de Comunidades Vegetales

Las diferentes coberturas de la tierra se encuentran distribuidas en un paisaje, de facies heterogéneas compuestas de grupos de ecosistemas interactuantes (FORMAN & GODRON 1986). A su vez, estas coberturas están formadas de unidades o parches (patches) que pueden estar más o menos cerca unas de otras,

tener diferentes formas y tamaños, determinando así diversas relaciones entre estos elementos. La estructura espacial de los bosques puede caracterizarse en parámetros estructurales como la forma, tamaño, número y ordenamiento espacial de los parches (patches) de bosque⁴.

Las características dinámicas de muchas de estas coberturas han impulsado el desarrollo de las técnicas de detección de cambios por medio de sensores remotos (imágenes satelitales y fotografías aéreas) y apoyados en un SIG. La extracción de información a partir de imágenes multitemporales tiene una gran importancia práctica en las ciencias forestales, el monitoreo de la fenología de la vegetación a niveles continentales, el avance de las fronteras agropecuarias, la dinámica y tendencias de la distribución espacial de los incendios forestales, la regeneración de áreas quemadas o abandonadas por la agricultura, son algunas de las aplicaciones de estas técnicas⁵.

Las coberturas vegetales despiertan un interés para muchos profesionales tanto para los de las ciencias naturales, las sociales entre otras. En la clasificación de estas se ha recurrido a fuentes tales como fotografías aéreas que pueden ser del tipo digital o análogo, con resoluciones espacial, espectral, radiométrica y temporal diferentes, cuyos alcances han permitido un gran desarrollo en la teledetección. Pero existen otros sensores remotos como los satelitales que también han impulsado esta ciencia, entre los que se destacan los de la serie LANDSAT⁶.

El proceso de cartografiar comunidades vegetales exige la delimitación de unidades de vegetación, esto no presenta ninguna dificultad cuando la intervención humana, mediante el laboreo del suelo, regadío, abonado y otros., ha establecido límites claros entre tipos de vegetación. También existen límites muy marcados donde entran en contacto dos o más tipos de suelo o subsuelo, tal como suele ocurrir con frecuencia en las zonas montañosas y en las regiones áridas para el caso de la zona de estudio. También algunas diferencias determinantes en el agua freática o en el relieve (influencia del viento) determinan muchas veces límites muy bien marcados en la vegetación (BRAUN – BLANQUET. 1979).

4.5.1. Detección de Cambios en la Vegetación

⁴Zerda. H., en: Análisis del paisaje: ejemplos en el Chaco seco. Tomado de:
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/1749/paisajan/paisajan.html>

⁵ Zerda. H., en Detección de Cambios en el Chaco. Tomado de:
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/1749/cambios/cambios.html>

⁶ Arango M. G. Branch, J. W. Botero V. , en: Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "LANDSAT – ETM. Tomado de :
<http://pisis.unalmed.edu.co/Planteamiento%20del%20problema.doc>

La vegetación es elemento más dinámico del paisaje⁷ desde la perspectiva de un sensor remoto. Para evitar confusiones en las estaciones en que la vegetación incrementan o decrecen en cobertura es preferible usar imágenes que registren el tiempo cuando el desarrollo de la vegetación sea idéntico o en un escenario similar.

Por esta razón imágenes de veranos maduros o avanzados, son las más convenientes para detectar cambios en las coberturas vegetales, en esta época por lo general el follaje esta completamente desarrollado con pequeños cambios o sin cambiar la apariencia de las plantas. Los índices de vegetación se derivan de dos o mas bandas espectrales o multispectrales (usualmente infrarrojo y rojo) son usados para identificar la vegetación presente (TUCKER 1979; LILLESAND & KIEFER 1987; MATHER 1987., citado por: JANO. JEFFERIES. , ROCKWELL. 1998)

4.6 El Análisis Multiemporal.

Las técnicas de análisis multitemporal son un instrumento que permite conocer la dinámica de cambio de las coberturas vegetales en un área determinada, es una herramienta que facilita detectar los cambios en dos fechas alejadas de tiempo, estudiando el dinamismo temporal de una determinada zona: espacios urbanos, áreas de agricultura intensiva, territorios sujetos a ordenación etc. (CHUVIECO. 1996). Estas técnicas se orientan a identificar las modificaciones que se han presentado producto de los procesos naturales o la acción antrópica⁸.

4.7. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG es un conjunto de programas de computación con la capacidad de almacenar, organizar, analizar y presentar datos espaciales. Datos que tengan referencias geográficas, como por ejemplo densidades de animales (n° de individuos por unidad de área), tipos de suelo, de vegetación, caminos, datos climáticos, pueden ser incorporados a un SIG para luego ser utilizados en la confección de mapas o coberturas temáticas que permitan la visualización y análisis de forma integrada de los datos originales y no como entidades

⁷ El paisaje es un ecosistema acotado espacialmente a nivel de meso – escala, de naturaleza heterogénea y que presenta una estructura inherente, la cual está conformada por parches homogéneos en sus características edáficas (suelos), litológicas (rocas) y topográficas, así como biológicas (vegetación u otros organismos estructural o funcionalmente importantes) (Duran et al., 2002)

⁸ WWF -Programa Colombia. En Informe del Análisis Multitemporal Parque Nacional Natural Nevado del Huila Y Su Zona de Influencia, Herramienta de Apoyo para La Metodología de Análisis De Efectividad En Los Parques Nacionales. Santiago de Cali, febrero del 2002.

individuales. Los dos tipos de datos que constituyen toda característica geográfica (espaciales y descriptivos) son combinados en los SIG permitiendo analizar su interacción dentro de un mapa o entre varios mapas, y obtener uno nuevo con características propias⁹

4.7.1. SIG - Análisis Multitemporal.

Con imágenes de satélite o fotografías aéreas de diferentes fechas y cubriendo la misma área, podemos evaluar como varía la cobertura y uso de la tierra a través del tiempo. Para estos efectos se hacen clasificaciones supervisadas¹⁰ mediante el procesador Digital de Imágenes, en el caso de que se cuente con imágenes satelitales para conocer las diferentes coberturas y usos presentes para cada fecha.

Los diferentes usos clasificados son introducidos en el SIG para “cruzarlos” y así determinar que categorías de uso cambiaron. El resultado es un mapa que representa los cambios de usos de la tierra durante el período de análisis, así como tablas estadísticas para un análisis cuantitativo. El análisis multitemporal puede limitarse a evaluar los cambios en un uso particular como por ejemplo el agrícola, el resultado será un mapa que muestra los lugares de expansión de la frontera agrícola en el período de estudio. Estas técnicas tienen algunas aplicaciones en variados campos y podríamos citar algunas¹¹.

Avances de la frontera agrícola, Monitoreo de deforestaciones y límites de bosques, Monitoreo de la expansión urbana, Cambios generales de uso de la tierra, Dinámica de los procesos erosivos naturales y antrópicos, Impactos actuales producidos por el desarrollo industrial u otras actividades

4.7.2. Aplicaciones de un SIG en el Medio Ambiente.

Los SIG se están aplicando en el medio ambiente y en el estudio de la biodiversidad, haciendo de estos una herramienta fundamental para las diversas entidades y organizaciones ambientales en la toma de decisiones. El manejo de licencias ambientales es un ejemplo claro de esta aplicación. También se puede utilizar para producir mapas, inventarios especies, medidas de impacto ambiental de una manera fácil y rápida, caracterización de escenarios: otras adaptaciones

⁹ Cigliano, M.M., Torrusio, S. Sistema de Información Geográfica y Plagas de Insectos. En , Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Volumen 9 - N°51. marzo-abril 1999.

¹⁰ Este método se basa en el hecho de que una porción de la superficie terrestre es registrada en múltiples regiones del espectro electromagnético, y cada cobertura registrada ofrece una respuesta espectral específica en cada región del registro, lo que es conocido como firma espectral. Esta clasificación puede ser supervisada esta hace referencia inspeccionar estas en el sistema o no supervisada (automática) dependiendo del método elegido, los alcances del estudio la disponibilidad de información y el conocimiento del área (Parra 1997).

¹¹ Las Aplicaciones. En <http://www.codespa.org/pat/Servicios/InfoGEO/Aplicaciones.htm>.

del SIG en el área del medio ambiente son (PARRA. et al. 1997):

Estudio y manejo de ecosistemas, Manejo de basuras, Administración de emergencias, Monitoreo de áreas de protección, distribución de especies, Manejo de áreas costeras Monitoreo de la calidad de las aguas.

En los últimos años se han usado imágenes de satélite para inventariar y monitorear los cultivos, lo que permite hacer análisis de crecimiento, de producción, predicciones de demanda y abastecimiento, etc. Además, los SIG, son una herramienta valiosísima en la determinación de conflictos en el uso del suelo.

4.7.3. Teledetección

Es la técnica que permite obtener imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, es necesario definir las particularidades del objeto observado según el punto de vista de quien realiza el análisis; por ejemplo, la tierra es un objeto cuyo suelo es un espacio con ciertas posibilidades agrícolas para un edafólogo, una propiedad con un valor monetario para el economista, un conjunto de geoformas y unidades litológicas para el geólogo, un espacio con posibilidades de urbanización para un ingeniero etc. Sin embargo, si se hace abstracción de las disciplinas se puede considerar que la tierra es un objeto de observación que se expresa por medio del paisaje cuyos elementos visibles son de la cobertura y de la geoforma. No obstante, dentro de los elementos del paisaje (atributos de la tierra) existen características y procesos que son parte de la cobertura y otros que no lo son, pero que constituyen la expresión no visible del paisaje, como la flora, la fauna, la hidrología, la litología, el clima, los suelos y el hombre (PARRA. et al. 1997).

➤ **Fotografías Aéreas.**

Una fotografía aérea es una imagen de terreno captada desde un avión o desde cualquier otra nave aérea equipada con cámaras fotográficas especiales para este fin. Es el registro completo y detallado, en el instante de la toma, de los elementos que conforman el medio geográfico, es decir, de los fenómenos físicos del medio natural y del conjunto de acciones que el hombre realiza en ese medio (PARRA. et al. 1997)

La fotografía aérea tiene como principio el sistema de percepción fotográfica, que utiliza la propiedad de los cuerpos de la litosfera para absorber, dispersar o refractar la luz proveniente del sol. Esta característica se traduce en el hecho de que la energía reflejada por la superficie de la tierra pasa a través de al lente de la cámara y altera, con una intensidad variable la película sensible al espectro electromagnético instalado en la cámara. Estas fotografías pueden ser en color o

en blanco y negro, se toman en forma consecutiva a lo largo de líneas paralelas al vuelo, con superposición de vuelos y con superposición o traslapo entre las fotografías para obtener posteriormente una visión estereoscópica o tridimensional del área fotografiada, el área cubierta por una fotografía depende de la escala de la misma; la escala de la fotografía esta relacionada con la altura del vuelo y la distancia focal de la cámara (PARRA. et al. 1997).

➤ **La Fotogrametría.**

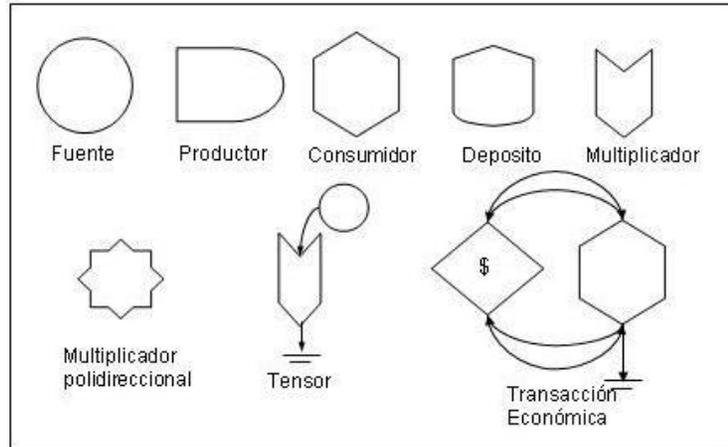
Odum 1972 afirma que “La fotografía aérea y las imágenes tienen en la ecología las posibilidades que la espectrografía ha demostrado tener en la fisiología, de hecho, la fotografía aérea puede concebirse a nivel de ecosistema como algo análogo al microscopio electrónico en la biología molecular; en efecto, cada uno de ellos depende de la reflexión espectral, de la absorción, la emisión y la transmisión de características de las muestras respectivas”.

La información de las fotografías y de otras imágenes pueden apreciarse cualitativa y cuantitativamente. El procedimiento para inferir relaciones a partir del examen visual se denomina como interpretación de fotos, en tanto que el consiste en tomar mediciones de las fotografías se llama fotogrametría (ODUM. 1972).

4.8. Los Modelos Fenomenológicos.

Un modelo es una simplificación del mundo real. Como las relaciones de unas cosas con otras en el mundo real son en extremo complejas y detalladas es necesario construir modelos para simplificar esas relaciones y poder así conceptualizarlas y entenderlas sin el detalle extremo que solo nublan el cuadro total. Los modelos sirven a demás como elementos de comunicación, de inestimable valor para sintetizar los conocimientos de muchas personas de distintas especialidades a fin de enfocar problemas de naturaleza interdisciplinaria. Los símbolos son sencillos y establecen gráficamente las relaciones de los sistemas. En el siguiente diagrama (Fig. 1) se muestra en detalle los principales flujos de energía en un ecosistema, para ilustrar un poco cual es el modo en que operan los modelos fenomenológicos donde encontramos fuentes como lo son el sol, factores climáticos, edáficos, productores (plantas) tensiones que también son un tipo de fuente adversa para el sistema con todas sus relaciones en el ecosistema.

Figura 1 Simbología - modelos fenomenológicos (Lugo A., 1982)



4.9 Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) tiene diversas aplicaciones en las actividades antrópicas, desde planes de transporte regionales hasta plantas hidroeléctricas, con resultados favorables desde el punto de vista de la gestión de los recursos. Esto se debe a que sus características, principios rectores y requisitos son adaptables y aplicables a diversos emprendimientos humanos de diferente escala (ESPINOZA. 2002),

La evaluación de impacto ambiental es un proceso singular e innovador cuya operatividad y validez como instrumento para la protección y defensa del medio ambiente está recomendado por diversos entes internacionales. También es avalado por experiencia acumulada en países desarrollados, que han incorporado a su ordenamiento jurídico desde hace años (ESPINOZA. 2001), estos procesos implican una mayor creatividad e ingenio y una fuerte responsabilidad social en el diseño y la ejecución de las acciones y proyectos. La motivación para investigar las nuevas soluciones tecnológicas y en definitiva, para una mayor reflexión en los procesos de planificación y de toma de decisiones, es otro elemento importante en la evaluación de impacto ambiental (ESPINOZA 2001).

En otras palabras los procesos de E.I.A. están encaminados a la predicción y valoración de los efectos de las actividades antrópicas sobre la estructura y funcionamiento no solo de sistemas naturales si no también de aquellos transformados por el hombre, el concepto se refiere tanto a los componentes y variables del medio, agua suelo, vegetación, como las acciones y flujos de energía entre los componentes y los ecosistemas. Tal concepto se refiere tanto a los componentes o variables del sistema agua, suelo, vegetación como a las relaciones y los flujos de energía entre los componentes y los ecosistemas, la

evaluación esta centrada tanto en el análisis, como en la evaluación generada por las actividades promotoras del impacto¹² (FIGUEROA, et al. 1998).

En este sentido una de las mayores dificultades en la elaboración de estudios en evaluación de impacto ambiental hace referencia a los niveles de integración y la selección o identificaron de indicadores para este proceso, La definición de los grados de dependencia o influencia entre indicadores y el nivel de información cuantitativa que permita estructurar una imagen clara sobre las condiciones de un indicador en un ecosistema y sus interacciones, para tal efecto las actividades antrópicas se evalúan a través de matrices del ecosistemas las cuales tiene por objeto determinar el grado de influencia y dependencia entre indicadores escogiendo cuales sean representativos para la evaluación, porque aunque un indicador ayude a definir las características de un ecosistema, no siempre significa que tenga un valor relevante en la evaluación, razón por la cual debe haber una relación entre las actividades identificadas y los tipos de indicadores que se elijan para la evaluación (FIGUEROA, et al. 1998).

¹² Para los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental el termino impacto al efecto de una acción inducida por el hombre sobre un ecosistema (Westman 1985)

5. HIPÓTESIS

La alteración de hábitats naturales producto de la expansión e intensificación de las actividades antrópicas, han ido progresivamente aislando a los ecosistemas naturales contenidos en las áreas silvestres protegidas y su zona de amortiguación, con lo cual la vegetación autóctona esta siendo desplazada e incrementándose al mismo tiempo los monocultivos que para las condiciones climáticas de la región les favorece.

De otro lado, la posibilidad de ampliar el tamaño del área que corresponde al Parque Nacional Natural de Puracé se dificulta debido al la antropización del territorio y a la tenencia privada de la tierra, sumado esto a la falta de operatividad de zonas de amortiguamiento que permita una gradualidad de la intensidad del uso del suelo hacia el exterior de las áreas protegidas y consienta el aprovechamiento sustentable de los recursos por parte de la población local, minimizando así las fuentes de conflicto.

Por lo tanto la investigación plantea a modo de hipótesis, que: la región que comprende la zona de estudio, ha sufrido una progresiva disminución de la vegetación natural debido a la constante antropización con su consecuente cambio de uso del suelo.

6. ANTECEDENTES

Para los ecosistemas de páramo de nuestro país son escasos los trabajos de este tipo se han realizado, sin embargo se describen algunos que aunque no han sido ejecutados en estos sectores, son un buen referente metodológico que vale la pena ser tenido en cuenta, pese a que estos no realizan una comprobación en campo de las abstracciones que arrojan las plataformas SIG, en la mayoría de los trabajos referidos utilizan como insumo cartográfico imágenes satelitales, con una escala de salida que no permite apreciar mayor detalle. En lo que tiene que ver con la evaluación de las actividades antrópicas en estos orobiomas existen autores que trabajaron esta parte coincidiendo en las actividades que describen con las encontradas en la presente investigación, pero la evaluación que hacen de estas es aislando los componentes sin tener en cuenta la integralidad del sistema.

Valencia C. (1997). Realizo un estudio de análisis cuantitativo multitemporal de la Sierra Nevada del Cocuy Colombia entre los años de 1959 y 1995. Empleando la plataforma SIG LISA para el procesamiento digital de fotografías aéreas. El estudio buscaba determinar el retroceso y calculo de los respectivos volúmenes de cambio de los glaciales del nevado del Cocuy, debido a las diferencias climáticas globales y ecológicas regionales, este trabajo se realizo mediante la aplicación de técnicas avanzadas y automatizadas en el área de la fotogrametría analítica y sistemas de información geográfica. Concluyendo que durante los 36 años de diferencia de las fotografías el glacial había disminuido en un 30%. La escala que arrojo este trabajo fue de 1:40000.

la Unidad administrativa especial del sistema de parques Nacionales naturales (UAESPNN), y el WWF Programa Colombia 2002., desarrollaron un trabajo de análisis multitemporal el cual estaba encaminado principalmente a conocer la dinámica de las coberturas vegetales en el Parque Nacional Natural Nevado del Huila y su zona de influencia entre las décadas de 1989 y 1999 para poder hacer la comparación entre dos o más imágenes en este caso identificaron igual numero de coberturas en cada una de las imágenes, las coberturas que se definieron en las dos imágenes de satélite fueron: nieve, superparamo, páramo, bosque e intervención. Las herramientas utilizadas para el procesamiento y generación de información incluye imágenes de satélite lansat TM, software de Arc info., Arc view, Hermapper, Idrisi V32. La escala de trabajo es de 1:100.000.

Rodríguez et al., Quito, 1994. Realizaron un estudio de caracterización ecológica por sensores remotos en la reserva de Cotacachi Cayapas. Ecuador. Determinaron las especies representativas y el uso actual del suelo en la zona de estudio. Imágenes satelitales y sistemas de información geográfico para el procesamiento digital de la información. La metodología del trabajo de campo la realizaron por transectos y geoposicionaron cada lugar de muestreo. Como

resultado y gracias a la información satelitaria obtuvieron que existen tres tipos de bosques representativos para e área de estudio.

Jano. P, Jefferies. L, Rockwell 1998 Realizaron un trabajo de detección de cambios en la vegetación por análisis multitemporal de imágenes LANDSAT de efectos de las actividades forrajeras de una especie de gansos. En las llanuras de la costa de La Pérouse Bay, Manitoba. Canadá. Son tan intensas las actividades forrajeras de estos animales que destruyen y fragmentan hábitats. El análisis multitemporal fue llevado a cabo durante los años 1973 y 1993, entre el lapso de esas fechas y con imágenes de los años de 1973, 1984, 1993 coincidiendo todas estas en la estación o época del año para no sesgar resultados e hicieron el CIV (coeficiente índice de vegetación) con imágenes de las bandas correspondientes al infrarrojo y al rojo, todos estos tratamientos los hicieron con las siguientes combinaciones de los periodos: 1973 –84, 1984 – 93, 1993 – 73. Obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a la perdida de vegetación:

1973 – 84. 1026 ha, 1984 – 93. 1428 ha, 1993 – 73. 2454 ha

Según los análisis de los resultados esta perdida de la vegetación es debida a las intensas actividades forrajeras de los gansos.

Quizhpe W., Aguirre M Z., Cabrera. O. y Delgado. 2001 T. Realizaron un trabajo titulado Diagnóstico de la vegetación natural y de la intervención Antrópica en los páramos del Parque Nacional Podocarpus (PNP). Mediante fotointerpretación y utilizando la Metodología de Unidades de Paisaje (ITC, Holanda) se realizó un diagnóstico de la vegetación en los páramos. La intervención humana se diagnosticó mediante evaluaciones de campo y entrevistas semi-estructuradas a los habitantes de las poblaciones más cercanas a los páramos. El análisis de los datos obtenidos del levantamiento de 116 parcelas de 25 m cuadrados, conjuntamente con la relación de factores ambientales (Aplicando Twinspan para la agrupación de las muestras y Canoco para el análisis de la relación entre la vegetación con los factores ambientales) dio como resultado que se definan seis comunidades de las cuales tres se pueden diferenciar claramente en el campo y el resto forma un complejo arbustivo más difícil de definir.

Zerda H. Sf., Realizo un estudio de detección de cambios en el Chaco Seco Argentino, a partir de imágenes satelitales de diferentes periodos específicamente para los años de 1975 y 1992, construyo composiciones en color multitemporales, así, banda roja de 1992, banda verde de 1975 y banda azul de 1992. Establecieron patrones de degradación de la cobertura forestal detectadas a través de la composición multitemporal de imágenes. En esta investigación se clasificaron los cambios, categorizados como positivos y negativos, en función del incremento o disminución de biomasa respectivamente. De esta manera, el cambio de bosque a pastizales sería un cambio negativo, y el cambio de pastizal a arbustal sería positivo.

Además utilizo otras técnicas como La diferencia entre imágenes, es una técnica que se basa en datos provenientes de imágenes de fechas diferentes,

previamente rectificadas a una base cartográfica común. La detección de cambios entre dos fechas diferentes, utiliza la substracción entre los pixels correspondientes a cada imagen, Las transformaciones de componentes principales (TCP) son técnicas muy utilizadas en la percepción remota y los SIG, y abarcan desde la compresión de datos multiespectrales (multivariados), disminuyendo la información redundante por efecto de la adyacencia entre los canales de un determinado sensor, o para la detección de cambios a partir de imágenes multitemporales. Otra posibilidad de detectar cambios surge a partir de la comparación de mapas de épocas diferentes o clasificación cruzada. La comparación estos datos digitales, de características matriciales, se realiza a través de la denominada tabulación cruzada, una comparación píxel a píxel que originará un nuevo archivo con diversas combinaciones que indicarán el tipo de cambio ocurrido.

Arango, G. M., Branch, J. W., Botero V. Sf., En su trabajo titulado Clasificación no supervisada de Coberturas Vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: LANDSAT TM, Diseñaron un proceso de segmentación no-supervisada para coberturas vegetales a partir de imágenes digitales multiespectrales tipo LANDSAT TM. Además de determinar el proceso de combinación de las diferentes bandas espectrales que contiene una imagen LANDSAT TM para obtener la mejor diferenciación espectral respecto al contenido de la información a evaluar.

Propusieron un método de segmentación no supervisada para imágenes digitales multiespectrales tipo LANDSAT TM.

Hofstede. R. sf., En su documento El Impacto de las Actividades Humanas sobre el Páramo mencionan los diferentes beneficios que el páramo presta a la sociedad y los conflictos que la convivencia del ser humano, con sus distintos usos de la tierra trae a estos ecosistemas. En este sentido se presenta cómo funciona la degradación del páramo con ciertos usos de la tierra. Identificando ciertas actividades con sus respectivos impactos las cuales son: Quema, ganadería en el páramo, cultivos y forestación e Impactos de Actividades Menores: Cacería, Recolección, extracción de Suelo y Turismo.

En el libro Páramo, Ecosistema a Proteger. En su capítulo Impacto del Fuego y Pastoreo sobre el Medio Ambiente Páramo. Donde se enfatiza en que uno de los problemas más urgentes en las altas montañas de los Andes tropicales húmedos, es el efecto de las quemaduras y el pastoreo en los ecosistemas parámicos, en este sentido en el texto se hace una valoración de estas dos actividades conjuntas teniendo en cuenta las características estructurales y funcionales de estos ecosistemas y analizando su efecto a diferentes niveles de organización.

En el libro Paramos y ecosistemas altoandinos de Colombia en condición de HotSpot & Global Climatic Tensor (IDEAM) En el capítulo Transformación y Cambio en el Uso del Suelo en los Paramos de Colombia en las Últimas Décadas,

además de tratar en este sobre las coberturas vegetales de Alta Montaña y su génesis, el énfasis está dado en cambios de coberturas en paramos entre las décadas del 70 y del 90. Subdividiendo el área de estudio según la clasificación en sectores y distritos de la provincia Norandina propuesta por Hernández –Camacho et al. (1992) y ajustada por Van der Hammen quien define el área que enmarca los paramos de Colombia como la Alta Montaña y sugiere como límite inferior la curva de nivel 2800 m.s.n.m se tomó esta cota como el límite inferior de la zona de estudio, la cual cubre una extensión aproximada de 4210.000 hectáreas cerca de un 3.7% de la superficie continental del país.

Metodología del estudio: Para este estudio se evaluaron áreas por encima de la cota de los 2744 msnm, el método usado fue la comparación, y posterior interpretación de coberturas a partir de dos series de imágenes de satélite: un conjunto de imágenes Landsat MSS para la década del 70 y conjunto de imágenes TM para la década de los 90. con escala de salida 1:100000, para el procesamiento de estas imágenes utilizaron el software Erdas Imagine (Versión 8.4), la manipulación de las coberturas vectoriales se realizó en Arcinfo 8.02, operado bajo la plataforma Silicon Grphics, y con el sistema operativo IRIX (versión 6.4).

Aunque la evaluación de los cambios en las coberturas vegetales en las zonas de alta montaña se dificulta por varios factores (Nubes y sombras en las imágenes de satélite y por la dificultad para distinguir coberturas vegetales abiertas como las del páramo, de las coberturas de praderas y otras coberturas agropecuarias) es posible señalar de manera indicativa los principales cambios ocurridos entre las dos series de imágenes.

Macizo Colombiano: posee este distrito una extensión aproximada de 278424 has, correspondiente solamente a los paramos de esta región, en este distrito se estima una pérdida de la cobertura boscosa del orden de 99605 has, los agroecosistemas andinos presentan un incremento de 31861 has, y el estrato de arbustos se incrementó en 33015 has. Es importante resaltar que se aprecia una real transformación del páramo a agroecosistema del orden de 10194 has, 7400 a arbustos y 9134 a bosques. Los cambios sugieren una degradación del páramo propiamente dicho. El nivel de incertidumbre se incrementa en 67558 has.

En conclusión los cambios más importantes ocurridos entre las décadas de los 70 y 90 se dan en la cobertura de bosques altoandinos, principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander, Cauca, Nariño y sur del Tolima. Donde se encuentran importantes asentamientos humanos del país, esta situación obviamente acelera el proceso de degradación de los paramos y bosques.

Rangel Ch., J. O. & Lozano-C., G¹³. Caracterizaron las comunidades vegetales que se establecen entre la Plata (Huila) y el carácter del Volcán Puracé. Siguiendo la metodología de Braun – Blanquet, (1979), el perfil de vegetación incluye comunidades de tipo selvático pluriestratificadas, en las regiones de vida Ecuatorial y sub. – Andina y comunidades uniestratificadas en la franja del Superpáramo, con énfasis en la fisonomía de la vegetación.

Localidad Leticia – Puracé: Alrededores de la laguna de San Rafael 3300 – 3400msnm.

Fisonomía - Composición: Pajonal - frailejonal, con un estrato superior que alcanza los 2 metros de altura, constituido por *Espeletia hartwegiana* ssp. *centroandina* como elemento dominante y *Pentacalia vaccinioides*, *Hypericum lancioides* y *Blechnum loxense* como especies acompañantes. Estructuralmente predominan los estratos bajos (herbáceo y rasante); en el primero son especies características dominantes *Calamagrostis effusa*, *Cortaderia sericantha* y *Cerastium subspicatum*, mientras que en el rasante se destacan *Cotula minuta*, *Breutellia karsteniana*, *Geranium confertum* y *Sphagnum* sp.

El numero de especies por levantamiento varia entre 18 y 23.

Distribución – Ecología: la comunidad con mayor área de distribución en el parque. Reemplaza al bosque altoandino de *Weinmannia mariquitae* y *Miconia cuneifolia* en sitios encharcados y en lugares en donde la acción antrópica ha favorecido cambios drásticos en las condiciones del suelo. En la medida en la cual disminuye el contenido de agua en el suelo y se progresa en altitud, es sucedida por le pajonal de *Calamagrostis macrophylla* y *Calamagrostis effusa*.

¹³ Rangel Ch., J. O. und Lozano-C., G. (1986): Un perfil de vegetación entre La Plata (Huila) y el Volcán del Puracé, in: *Caldasia*, Vol. XIV 68-70, S. 503-547.

7. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Natural Puracé se encuentra ubicado en Jurisdicción de los Departamentos de Cauca y Huila, comprende una extensión de 83.000 Hectáreas, dentro de los siguientes Municipios: Puracé, Sotaró, San Sebastián, La Vega, Santa Rosa (Cauca), y La Plata, La Argentina, San Agustín, Isnos y Salado Blanco (Huila).

Localización Geográfica: 1° 50' - 2° 24' Latitud Norte y, 76° 37' - 76° 42' Longitud Oeste

El parque Puracé esta dividido por sectores los cuales son:
Sector de Quinchana, Granates, Mármol, Paletará, San Nicolás, San Juan, San Rafael, e Pilimbalá, y Sector de Valencia

7.1. Características Generales del Sector San Rafael

El proyecto se ejecuto en este sector y el área de influencias del parque, haciendo una revisión de la cartografía disponible (escala 1:100000) del sector de interés se presentan las siguientes características:

El sector presenta lagunas zonas criticas como los son. Peligro de incendios, amenaza potencial del volcán Puracé estaría el sector entre amenaza media.

(M) y amenaza baja (B). (Mapa de zonas criticas)

La zonificación esta se la siguiente forma (Mapa de zonificación):

Zona primitiva (ZP), Zona intangible (ZI), Zona DE Regeneración general exterior (ZRGE), Zona amortiguadora (ZA)

Las pendientes del sector (mapa de pendientes)

A de 0 – 10%, B de 11 – 20%, C Pendiente > 50%

Las zonas de vegetación en términos generales que en el sector se presentan son (Mapa de vegetación)

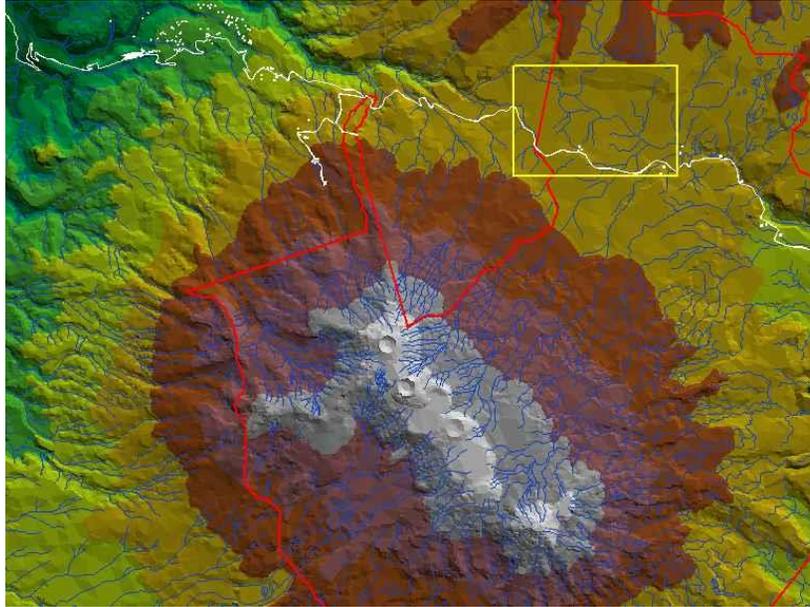
Vegetación de páramo, Bosque secundario, Bosque natural, Humedales, Pastizales de roca expuesta

Ubicación: Se encuentra ubicado al Nor – Oriente del Parque, en el Municipio de Puracé, en el Departamento del Cauca.

Descripción: Este sector se encuentra a una altura de 3.354 m.s.n.m Existen dos estaciones del IDEAM, una linimétrica y otra pluviométrica, también se encuentra la laguna de San Rafael en ella nace el río Bedón que más adelante tomará el nombre del río de La Plata para tener una idea clara de la ubicación del sector se representa en un Modelo de Elevación digital (Fig. 2). Que proporciona una visión de topografía, el mapa muestra esta corresponde al área analizada desde las

imágenes satelitales y en un recuadro más pequeño el correspondiente al modelo fotogramétrico y el sector donde se realizaron las colectas botánicas.

Figura 2 Localización del Área de estudio



La Laguna de San Rafael: Se halla en un pequeño valle aluvial localizado a 3300msnm, constantemente le caen aguas de las quebradas de Chorrillos que encausan las aguas que vienen de la zona norte de la laguna (Fig. 3), Geológicamente corresponde a depósitos de Fluvio – Glaciales, suelos muy superficiales y pobremente drenados por eso sus orillas son muy pantanosas (Saturadas de agua), su profundidad es relativamente baja 5m aproximadamente. La Laguna de San Rafael da origen al Río Bedon al nororiente del municipio de Puracé – Coconuco, y cuenta con un área aproximada de 26.5 h (YASNÓ. *et al.*, 2000).

Figura 3 Laguna de San Rafael



7.2. Descripción Ecológica

Climatología: Es poca la información sobre aspectos climáticos pero con los obtenidos hemos podido determinar lo siguiente:

Alturas: Entre 2310 mts a 5000 m.s.n.m.

Época de mayor pluviosidad: Entre los meses de Abril a Agosto

Época de Sequía: Entre los meses de Diciembre a Febrero

Temperatura promedio: Entre 10 a 12 Grados Centígrados

Precipitación: Oscila entre 1200 mm y 2500 mm, existen variaciones debido a la topografía, disminución de vientos y microclimas existentes.

Nubosidad: Se considera alta

Brillo solar: Bajo

Evaporación: Por debajo de 66 mm (*Datos suministrados por el IDEAM.*)

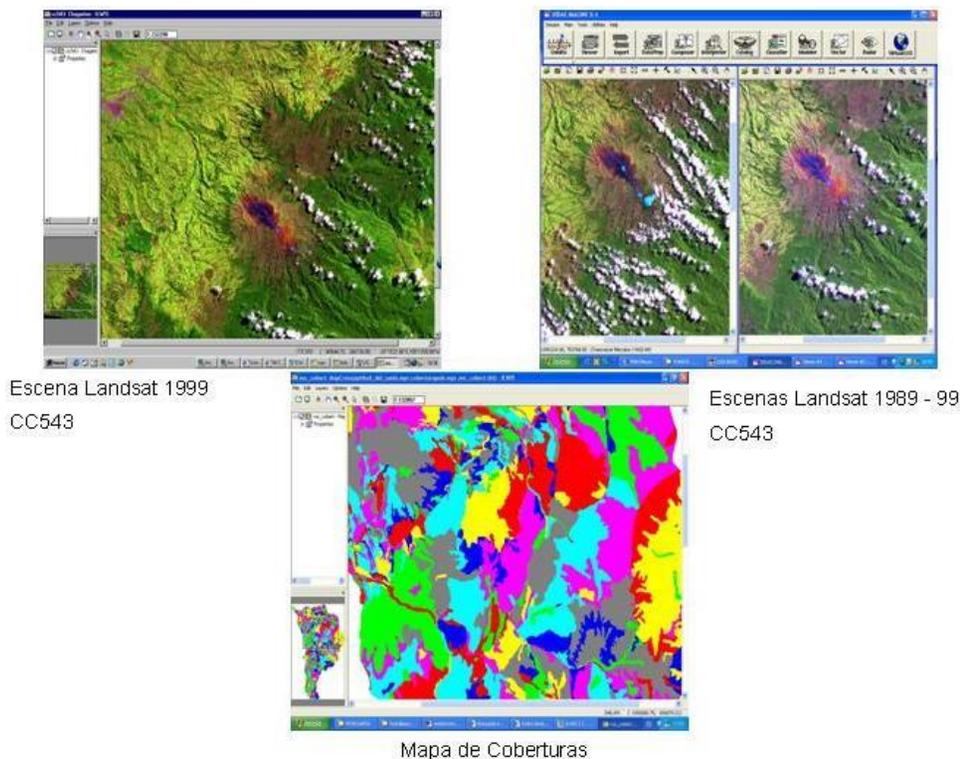
8. METODOLOGÍA.

Para evaluar el comportamiento de las coberturas vegetales en el área de estudio cuenta con cuatro con la integración de los siguientes aspectos metodológicos: uno enfocado a la caracterización de la vegetación, otro dirigido a la aplicación del SIG, otro encaminado a la evaluación e identificación de impactos sobre el sector y finalmente la aplicación de modelos fenomenológicos al área de estudio con lo cual se busca comprender el funcionamiento integral del sistema.

8.1 Metodología del SIG.

Para el presente estudio se analizaron dos imágenes de satélite Landsat TM, ver Fig. 4, una imagen para el período de 1989 y otra para 1999. Para llevar a cabo una correcta interpretación de imágenes es necesario relacionar información cartográfica, fotográfica y rasgos geomorficos y de validación vertical y espacial de coberturas e infraestructura sobre el terreno, con la imagen de satélite por lo que fue necesario corregirlas geoméricamente, lo cual requirió la generación de puntos de control para la geocorrección de las dos imágenes de satélite con una porcentaje de error menor al 0.5% siendo permisible el 5%, para cada imagen.

Figura 4 Esquema de Procesamiento Digital de Imágenes



Con el fin de identificar los tipos de vegetación presentes en el área de estudio y recopilar la información necesaria para la representación de estas coberturas en la imagen de satélite durante el proceso de clasificación supervisada, se llevaron a cabo salidas de campo en las que se tomaron puntos de verificación, los cuales fueron georreferenciados mediante el uso de un sistema de geoposicionamiento global (GPS), estos puntos de verificación sirvieron de referencia durante el proceso de evaluación y clasificación de las imágenes de satélite.

La clasificación de las imágenes de satélite se llevó a cabo utilizando una combinación del método supervisado y no supervisado (Fig. 5).

Figura 5 Esquema Metodológico - Procesamiento Digital de Imágenes



Las plataformas usadas para el procesamiento digital de imágenes fueron las siguientes. ERDAS V 8.3, ArcView V3.2, Ilwis V 3.2, ArGis V8.3. Los productos que se obtuvieron previo procesamiento fueron, cartografía estructurada de la zona de estudio, rectificación de vacíos cartográficos, generación de mapas de coberturas, a una escala de salida de 1:60000 aproximadamente.

Para el caso de las aerofotografías, estas tienen la ventaja de ofrecer exposiciones instantáneas de una escena, mayor resolución, facilidad de manejo, capacidad estereoscópica e incluso un costo menor para su adquisición. De todos los sensores, la fotografía aérea ofrece una interpretación mas aproximada de los rasgos, teniendo en cuenta la respuesta a la longitud de onda, resolución, perspectiva, visión estereoscópica y valores tonales y de color. Lo anterior es una ventaja para la fotointerpretación en el proyecto, ya que se pudieron analizar fácilmente escenas correspondientes a un área de trabajo conocida.

Para esta investigación se realizaron procesos de fotogramatria digital, lo cual facilito abstracción realizada sobre fotos aéreas verticales, con el propósito de obtener información confiable de los objetos físicos y del medio ambiente. Los productos obtenidos en este procedimientos fueron los ortofotomapas correspondientes a cada temporalidad analizada (1979–1989), que posteriormente servirán de base en le momento de hacer las respectivas clasificaciones, estos procesos se realizaron en el software LISA, los respectivos procesamientos se esquematizan en el siguiente diagrama (Fig. 6).

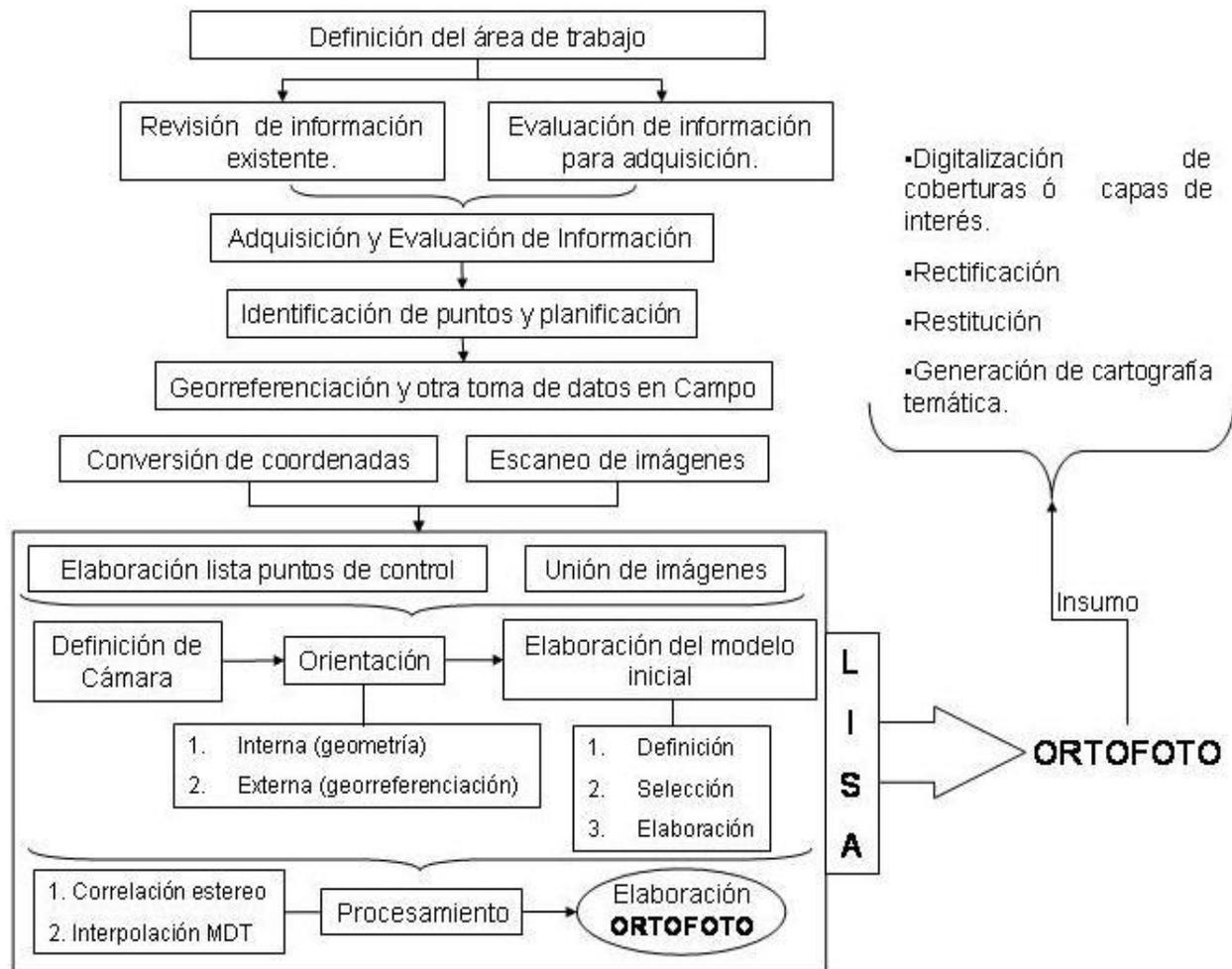


Figura 6 Proceso fotogramétrico en el programa LISA

En esta plataforma (LISA) se realizaron los diferentes ortofotomapas correspondientes a las temporalidades 1979 y 1987, el procedimiento empleado para la realización de estos insumos, siguiendo procesos descritos en la Fig 6 (FIGUEROA. Et al, 2003¹⁴). Una vez realizados los respectivos protocolos de adquisición y selección de las diferentes fotografías y cartografía básica se procedió a tomar la información en campo, puntos de control, para lo cual se emplearon geoposicionadores marca GARMIN ref 76S, y Magellan ref. 330 y SprtTrack, y un altímetro de precisión Marca Thomen. Con estos puntos de control se procede a elaborar los Ortofotomapas, con este insumo inicial, por su nivel de detalle permite la elaboración de mapas de coberturas vegetales según los tipos fisonómicos para los dos periodos que abarcan estas fotos aéreas los cuales corresponde a los sitios donde se realizaron los levantamientos de la vegetación.

8.2. Metodología para Vegetación

La presente investigación pretende hacer una identificación de la vegetación presente en la zona de estudio, para tal efecto se han determinado la siguiente metodología para este componente.

Determinación áreas de muestreo

Se identifican los mosaicos de interés con ayuda de fotografías aéreas, determinando así los parches que serán objeto del estudio, estableciendo cualitativamente las variaciones en las áreas cubiertas por vegetación en diferentes periodos (selección de coberturas), especialmente atendiendo los cambios estructurales, teniendo en cuenta los criterios empleados por la WWF y la Unidad administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales¹⁵

Delimitación de las comunidades

La cartografía de las comunidades vegetales exige la delimitación de unidades de vegetación. Esto se realizara mediante la clasificación supervisada a partir de las fotografías aéreas e imágenes satelitales, con estas se realiza una clasificación de coberturas vegetales.

Con las aerofotografías por su el nivel de detalle se realiza una identificación por tipos fisonomicos, los cuales fueron corroborados en campo.

Muestreos de vegetación

¹⁴ FIGUEROA C A, JOAQUI D S, MARTÍNEZ I J, Informe Técnico Proyecto ARIADNA, Elaboración de Una Ortofoto Para El Área Piloto Del Proyecto ARIADNA, Universidad del Cauca, 2003

¹⁵ Informe del análisis multitemporal Parque Nacional Natural Nevado del Huila y su zona de influencia, herramienta de apoyo para la metodología de análisis de efectividad en los Parques Nacionales, elaborado por WWF – Programa Colombia y Ministerio del Medio ambiente Unidad administrativa especial del sistema de Parques Nacionales Naturales 2002.

Para el Bioma de páramo se realizará un estudio de la vegetación presentes, estableciendo parcelas de muestro, empleando las metodologías propuesta por J. Braun Blanquet (1979) y recomendaciones del profesor Bernardo Ramírez director del Herbario de la Universidad del Cauca. Para los sectores de bosque altoandino según A. Gentry. Con el fin de obtener datos de grado de coberturas y, posibilitando la identificación de cambios a los que se ha sometido el sistema.

Para los levantamientos se registraron los siguientes datos:

Fecha, indicación de la localidad con mención de la altitud, exposición, inclinación del terreno y substrato geológico, en la cartografía se señala con detalle el lugar en que se realiza el inventario, caracterización aproximada del hábitat, tamaño de la superficie estudiada.

Para los muestreos se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

Se colectan las diferentes especies vegetales que tengan mas de un uno por ciento (1%) de cobertura del área total a muestrear. (Ramírez, 2002)¹⁶

Para realizar las parcelas, se tendrá en cuenta el aspecto fisonómico (clasificación ecológica) de la vegetación presente en el parche, empleando las siguientes dimensiones:

Pajonales: 4 x 4 (16m²)

Frailejonales: 5 x 5 (25m²) ó 10 x 5 (50m²)

Chuscales: 4 x 4 (16m²)

Matorrales: 10 x 5 (50m²)

Prados: 2 x 2 (4m²)

Bosque altoandino: 50 x 2 (100m²)

Para el análisis ecosistémico y comparativo de los diferentes parches de vegetación se aplico el índice de Jaccard (MORENO 2001) que se basa en la presencia – ausencia entre el número de especies de cada cobertura y el número total de especies,

Para establecer si existe una diferencia significativa entre el numero total de especies presentes entre los tipos de cobertura analizados bajo los dos estadios estudiados (Intervenido y poco Intervenido), estadísticamente se emplea la prueba de chi-cuadrada (HERNADEZ. 1997).

8.3. Metodología para el Análisis del Sistema Antrópico.

El análisis del sistema antrópico esta orientado a identificar los procesos y localizaciones de las principales actividades y usos humanos del sector, determinando que actividades se encuentran en situación de conflicto o están afectando adversamente el ecosistema.

Para ello se tendrán en cuenta las variables e indicadores.

¹⁶ Comunicación personal.

- Uso de suelo
- Asentamientos humanos
- Infraestructura
- Tenencia de la tierra

Una vez identificadas dichas actividades se procede a la elaboración de una matriz causa - efecto la cual se basa en el cálculo de valores de importancia para cada actividad.

La importancia es el peso que se le asigna a una actividad a partir de una matriz donde se relaciona la actividad que se desea valorar cruzando esta información con cada componente básico de segundo nivel (suelo, agua, vegetación, fauna), que esta definido en el ecosistema los valores o pesos están dados en una escala de 0 a 10 valores de importancia.

El cruce de la actividad con cada indicador de segundo nivel indica una interacción que guarda la relación causa / efecto, la cual para la asignación de un valor de importancia se deben mantener los siguientes criterios (FIGUEROA. et al, 1998).

Cada interacción debe al menos establecer dos relaciones verticales y dos relaciones horizontales. Una vez establecidas las interacciones y sus relaciones sustentadas, se puede asignar un valor de importancia.

La matriz presenta una columna final donde se relaciona las sumatoria de los n valores de importancia para cada indicador de segundo nivel, el promedio de dichos valores representa el peso o importancia que dicha actividad tiene en el sistema a evaluar.

8.4 Modelos Fenomenológicos

Un modelo es una simplificación del ecosistema dado que sus interacciones son en extremo complejas y detalladas se hace necesario construir modelos para simplificar esas relaciones y poder así conceptualizarlas y entenderlas sin el detalle extremo que no permite mirar la integralidad del mismo.

En el presente trabajo se empleara las convenciones estandarizadas por Lugo, (1982), Para esquematizar a través de diagramas se representa las relaciones entre los componentes del sistema, bajo estos parámetros de construyen modelos donde se representan las interacciones del páramo en un estadio T0 y luego como son estas interacciones sobre cada uno de los componentes del sistema (Agua, suelo, fauna, flora y el componente social)

9 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.1 Evaluación de Impacto Ambiental para las Actividades Identificadas.

La evaluación de impacto ambiental es un proceso singular e innovador cuya operatividad y validez como instrumento para la protección y defensa del medio ambiente está recomendado por diversos organismos internacionales. También es avalado por la experiencia acumulada en países desarrollados, que lo han incorporado a su ordenamiento jurídico desde hace años (ESPINOZA. 2001), estos procesos implican una mayor creatividad e ingenio y una fuerte responsabilidad social en el diseño y la ejecución de las acciones y proyectos. La motivación para investigar las nuevas soluciones tecnológicas y en definitiva, para una mayor reflexión en los procesos de planificación y de toma de decisiones, es otro elemento importante en la evaluación de impacto ambiental.

En otras palabras los procesos de E.I.A. están encaminados a la predicción y valoración de los efectos de las actividades antrópicas sobre la estructura y funcionamiento no solo de sistemas naturales si no también de aquellos transformados por el hombre, el concepto se refiere tanto a los componentes y variables del medio, agua suelo, vegetación, como las acciones y flujos de energía entre los componentes y los ecosistemas. Tal concepto alude tanto a los componentes o variables del sistema como a las relaciones y los flujos de energía entre los componentes y los ecosistemas la evaluación esta centrada tanto en el análisis, como en la evaluación generada por las actividades promotoras del impacto (FIGUEROA et al 1998).

9.1.1. Matriz de Importancias.

El análisis del sistema antrópico esta orientado a identificar los procesos y localizaciones de las principales actividades y usos humanos del sector, determinando que actividades se encuentran en situación de conflicto o están afectando adversamente el ecosistema.

Después de haber identificado las actividades se elabora una matriz de importancia para cada actividad. La importancia es el peso que se le asigna a una actividad a partir de una matriz donde se relaciona la actividad que se desea valorar cruzando esta información con cada componente básico de segundo nivel (suelo, vegetación, agua, fauna), que esta definido en el ecosistema los valores o pesos están dados en una escala de 0 a 10 valores de importancia.

Las actividades antrópicas que se practican con mayor incidencia en el sector son:

- Cultivos
- Ganadería
- Quema

En este sentido se relacionan los componentes del sistema, haciendo énfasis en las particularidades de estos recursos para los ecosistemas paramunos, posteriormente se hace una descripción de los diferentes impactos sobre estos, producto de las actividades relacionadas anteriormente, el análisis de cada actividad se hace individual, así como su evaluación. La evaluación que arrojan las matrices es de 4 para ganadería, 4 para cultivos y 3.25 para quema, la manera como estas actividades esta afectando el ecosistema son diversas, tenemos por ejemplo que la grado de fragmentación de estos ecosistemas es alto según (MARTINEZ 2005)

9.2 Recurso 1 – Suelo

Para hablar de los ecosistemas de alta montaña podría decirse que este recurso es de origen volcánico y se clasifica como Andosol, del japonés que significa “tierra negra”. El color negro relaciona con el alto contenido de materia orgánica, el cual por las bajas temperaturas no se puede descomponer rápidamente. Además el aluminio de la Ceniza volcánica y la materia orgánica se combinan para formar vesículas muy resistentes a la descomposición por la edafofauna. Estos complejos se llenan de agua; la cual es retenida por un periodo relativamente largo y liberada lenta y constantemente (HOFSTEDE. 2003). Característica importante en los suelos de páramo por su retención hídrica.

Gracias al proceso de retención de materia orgánica, (mitad de la cual es carbono), los suelos paramunos son almacenes de carbono, si bien la masa vegetal del páramo también es un sumidero de este elemento tal situación no se da en los ecosistemas boscosos de tierras bajas. Pero al contrario de lo que sucede en las tierras bajas el suelo del páramo tienen esta elevada concentración de materia orgánica y además son muy profundos (hasta tres metros). Por lo cual la cantidad total de carbono almacenada por hectárea de páramo puede ser mayor a la de una selva tropical.

Los suelos de los paramos en términos generales, son, por una parte, poco evolucionados y por lo tanto de perfil poco diferenciado en horizontes y, por otro, suelos humíferos (con acumulación de materia orgánica), desaturados (sin o bajo en nutrimentos) desarrollados bajo condiciones de clima frío y húmedo (HOFSTEDE. 2003.)

La descomposición de materia orgánica en el páramo es muy baja, debido a las bajas temperaturas y alta humedad. Por esto, en situaciones con poca intervención humana siempre se encuentra un suelo humífero, de color negro. En suelos formados en cenizas volcánicas este fenómeno es aún más pronunciado, porque los minerales en la ceniza forman complejos muy fuertes con materia orgánica. Estos complejos inhiben la descomposición de la materia orgánica. La gran cantidad de materia orgánica puede adsorber agua por una suave carga

eléctrica y por esto los suelos humíferos tienen una gran capacidad de retención de agua. En otras palabras, existe una relación mutua entre agua y materia orgánica: con mucha agua hay mucha materia orgánica (poca descomposición) y con mucha materia orgánica hay mucha agua (adsorción). Estos complejos a su vez retienen nutrientes dentro de su estructura, para que no pueden ser aprovechadas por la vegetación. Esto pasa específicamente con fósforo. Así el suelo del páramo tiene mucha fertilidad, pero no es aprovechable por las plantas (WADA 1985, SHOJI et al. 1993). Por procesos de movilización y retención de nutrientes.

Gran parte del agua en el suelo se mantiene inmóvil, en capilares muy delgados, y otra porción es móvil y se retiene únicamente durante un periodo limitado. La parte móvil se establece en épocas húmedas, es retenida en el suelo y liberada en épocas secas. Por la presencia de suelos porosos, la infiltración de agua en el páramo generalmente es alta. La baja incidencia de escorrentía superficial indica que la erosión pluvial no es importante en situaciones naturales en páramos y bosques andinos (VIS. 1989).

Aunque el suelo es bastante estable y es importante para su función de retenedor de materia orgánica, de agua y de nutrientes, se degrada fácilmente cuando se seca. Al secarse, los suelos de páramo pierden la conexión entre partículas minerales y orgánicas, la materia orgánica se descompone fácilmente, su contenido en el suelo disminuye y estos se transforman de retenedores de agua en repelentes de agua (hidrofobia). Además, se libera parte de los nutrientes inmovilizados, que pueden ser aprovechadas durante poco tiempo o lavarse. La presencia de una cobertura vegetal constantemente húmeda es importante para mantener una buena retención de agua durante las épocas secas. Cuando se quita la vegetación, el suelo está dispuesto a secarse por el incremento de la evaporación y además está expuesta a erosión directa (HOFSTEDE 1995, PODWOJEWSKI & POULENARD 2000).

9.3 Recurso 2 – Vegetación

Las coberturas vegetales que prosperan en el páramo (Fig. 7) tienen en común que han formado varias adaptaciones a las extremas condiciones ambientales, principalmente al frío. Las adaptaciones de las plantas se permiten mantener hojas muertas dentro de la planta, como se da en la paja y el frailejón, aportando así al aislamiento de las partes sensibles. Mediciones de temperatura han mostrado que en un ambiente donde en la mitad de las noches la temperatura ambiente desciende varios grados bajo cero, sin embargo en la base de un penacho de paja no se reportan temperaturas de congelación (HOFSTEDE et al.

1995¹⁷). Observaciones similares encontraron STURM y RANGEL (1985¹⁸) en el manto de hojas muertas de frailejón. Otras adaptaciones son la forma de crecimiento bajo y aplastado bajo una capa aislante de paja (como muchas hierbas), o el formar una corteza de varias laminas sueltas, también para aislamiento (*Polylepis*). Un vello blanco o una cutícula gruesa son adaptaciones a la gran cantidad de iluminación. Gracias a estas adaptaciones existe un gran número de especies de plantas que pueden crecer en el páramo, pero estas especies ya no crecen en otros lugares. Por esto es tan única la flora del páramo, con un endemismo para este ecosistema del 60% (HEDBERG & HEDBERG 1979¹⁹, LUTEYN 1992²⁰).

Las coberturas vegetales de alta montaña están conformadas por cuatro macro unidades la zona nival que general mente se encuentra por encima de los 4700 m.s.n.m.; la zona de Superpáramo que va aproximadamente desde los 4200 hasta los 4700 m.s.n.m; la zona de páramo que se encuentra entre los 3200 y los 4200 m.s.n.m; y una cuarta unidad el subpáramo que se ubica aproximadamente entre los 2400 y los 3200 m.s.n.m.

Figura 7 Diferentes parches de vegetación asentados en el sector San Rafael Parque Nacional Natural Puracé.



¹⁷ Hofstede, R.G.M.; Chilito, P.E.J. y Sandoval S., E.M. (1995). Vegetative structure, microclimate, and leaf growth of a paramo tussock grass species, in undisturbed, burned and grazed conditions. *Vegetatio* 119(1):53-65

¹⁸ Sturm, H. y Rangel C., J.O. (1985). *Ecología de los páramos andinos: una visión preliminar integrada*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Biblioteca José Jerónimo Triana 9, Bogotá.

¹⁹ Hedberg, I. y O. Hedberg. (1979). Tropical-alpine life-forms of vascular plants. *Oikos* 33: 297-307.

²⁰ Luteyn, J.L. (1992). Páramos: why study them? En: Balslev, H. and J.L. Luteyn (Eds.), *Páramo: An Andean Ecosystem under Human Influence*. London: Academic Press, pp.1-15.

Según Rancel (2000) en términos de diversidad florística, las zonas de viada que comprenden la “alta Montaña”, contiene aproximadamente el 50% de la diversidad florística del gradiente montañoso en Colombia. Esto señala la gran importancia de la alta montaña en términos de biodiversidad.

La importancia de los bosques montanos nos la señala el hecho de que abarcando solo el 0.2% de la superficie terrestre, se estima que contiene el 6.3% de todas las especies de aves del planeta, a nivel de región en el Neotrópico, cubren alrededor del 5% de la superficie de los países que contienen ecosistemas de páramo; sin embargo, tienen cerca de 125 familias, 500 géneros y 3.400 especies de plantas vasculares. Entre las plantas no vasculares los números también son notables: 130, 365 y 1.300 respectivamente para familias, géneros y especies (VÁSCONEZ M y MEDINA 2003). La alta montaña en los trópicos es un lugar de arribo de muchas aves migratorias. En general podemos afirmar que el bosque nublado es lugar privilegiado para la diversidad de aves según análisis de patrones de distribución zonal de las aves, el bosque nublado de la vertiente occidental de la cordillera occidental colombiana es el área de mayor concentración de endemismos de toda América del sur y quizás del mundo (RUIZ SOTO. 1996)

La variedad microtopograficas y las características ecoclimáticas (radiación, precipitación micro – relieve y exposición) desempeñan papel decisivo en el establecimiento de los mosaicos de vegetación.

Si se toma como criterio básico para una división primaria una mezcla de características fisionómicas y ecológicas, se puede considerar la fitocenosis como del tipo cerradas, donde se incluyen los bosques los matorrales altos y achaparrados y formaciones abiertas con pajonales, frailejonales, rosetas, prados y turberas. El primer caso hay dominio marcado de formaciones arborescentes que alcanzan hasta 10 m de altura y se constituye en un dosel o bóveda superior de extensión y cobertura considerable. En la vegetación abierta, por el contrario, predominan los estratos bajos y no se presenta un dosel superior con formas arborescentes. Los tipos fisionómicos más frecuentes son:

Bosques Achaparrados, matorrales, pastizales – pajonales, frailejonales – rosetales, prados – turberas – tremedales – agrupaciones de plantas vasculares en cojín, Chuscales, rosetales con especies de *Puya* y rosetales bajos (RANGEL.O 2000)

9.4 Recurso 3 – Agua.

La posición geográfica de los páramos hace que la gran mayoría de ciudades dependan de ellos para el abastecimiento de agua potable pero las actividades antrópicas generan contaminantes que los sistemas de tratamiento convencionales no están en capacidad de remover, afectando seriamente la salud de la población.

Los páramos son ecosistemas estratégicos, debido a su gran poder de captación y regulación de agua. En ellos se generan y nacen gran parte de las fuentes de agua (Fig. 7) que comprenden la compleja red hidrológica nacional e internacional. Prestan servicios ambientales muy importantes para las comunidades rurales y urbanas, siendo el más sobresaliente su papel en la producción y regulación hídrica. Desafortunadamente, la presión demográfica, la expansión de las actividades agropecuarias y el calentamiento global derivado de los gases efecto invernadero, representan una amenaza al mantenimiento de estos servicios ambientales y a la conservación de la biodiversidad de los mismos²¹. Si continúan manifestándose los patrones actuales en el cambio de uso del suelo, los servicios hídricos del páramo podrían no alcanzar a cubrir en un futuro las necesidades de las comunidades.

Figura 8 Laguna Larga Sector San Rafael, 3400msnm Parque Nacional Natural Puracé.



Además, en los páramos el agua lluvia se convierte en potable al filtrarse hasta alguna profundidad y sufrir algunas modificaciones. Este proceso del agua freática se constituye en el tesoro más valioso de que dispone el ser humano en los pisos altitudinales inferiores (GUHL 1982).

En los páramos colombianos se encuentra el suelo de turba estrechamente relacionado con la hidrología de los pantanos e innumerables lagunas localizadas entre los 3.000 y 3.500 m.s.n.m. Estas turbas son de gran espesor de suelo orgánico saturado que constituyen la esponja del páramo donde el agua fuertemente adherida se va filtrando y liberando hasta formar ríos. Las turbas desempeñan diferentes funciones como control de inundaciones, ya que actúan

²¹ Presentación En Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002

como esponjas de almacenamiento y liberando lentamente el agua de lluvia, recargando y decantando acuíferos, controlando erosión y reteniendo los sedimentos.

Según (GUHL1982 Citado por REY, FRANCO VIDAL, CASTAÑO URIBE.) la lluvia se mezcla con diversas sustancias en la capa de Humus, que en su mayoría va entregando en su recorrido de infiltración, hasta llegar el piso inferior del suelo, donde el agua lluvia limpia, pero con una carga complementaria de sustancias minerales, pasa a formar parte del subsuelo. En los decímetros superiores se descomponen y disuelven los minerales, dejando libres ácido silícico, hierro, potasio, y otros elementos. Allí viven bacterias, algas y hongos que se apropian de las sustancias minerales disueltas y las entregan como productos del metabolismo. Las sustancias orgánicas muertas vuelven con ayuda del agua a la compleja molécula gigante del humus, que a su vez se disuelve en agua y se separa, en parte, en capas inferiores. También los denominados minerales arcillosos (Que vuelven a formarse frecuentemente por medio de la erosión) son activos químicamente esponjándose y absorbiendo el agua o entregándola en tiempos de sequía, junto con “pequeños” átomos o grupos de átomos tales como K^+ , N^+ y NH_4^+ .

9.5 Recurso 3 – Fauna

En términos generales, la fauna del páramo ha sido menos estudiada que su flora. Una de las razones es que la fauna es menos singular porque muchas especies, específicamente aves y mamíferos grandes, no se restringen al páramo pero lo usan en como zona de transición o de alimentación, igual que otras zonas de vida. Sin embargo, hay varias especies que presentan mucha singularidad, especialmente en la antropofauna o microfauna, pero también en avifauna.

La mayoría de las especies que está presente en el páramo también está presente en los bosques andinos. Ambos ecosistemas ofrecen beneficios a los animales, como área de cacería y alimentación en los páramos y área de abrigo y escondite en los bosques andinos. También dentro del páramo, la fauna nativa visita diferentes unidades de paisaje para diversas actividades, con el fin de aprovechar los recursos que le ofrece este ecosistema. (DIVA 1997 Citado por. HOFSTEDE).

Con relación a los principales grupos taxonómicos en el páramo se tiene:

Mamíferos: Del páramo colombiano se tienen registros de 21 familias, 45 géneros y 66 especies; entre las especies más llamativas, figuran: *Tremarctos ornatus* (oso de anteojos), *Odocoileus virginianus* (venado), *Mazama americana* (venado) *Sylvilagus brasiliensis* (conejo de páramo), *Agouti taczanowski* (borugo de páramo), *Olallamys albicauda* (conococo de los chuscales) y *Diplomys rufodorsalis* (conococo) (MUÑOZ et al., 2000, Citado Por RANGEL, CH. O.).

Aves: Hay registros de 31 familias, 84 géneros y 154 especies, entre las cuales se

encuentran *Oxyura jamaicensis* (pato), *Uropsalis segmentata*, *Conirostrum cinereum*, *Leptasthenura andicola* (siete colas), *Buthraupis wetmorei* y a *Urothraupis stolzmanni* (saltarín enano) (DELGADO & RANGEL, 2000). Reptiles: Se encontraron registros de 15 especies de reptiles, agrupadas así: 11 lagartos (3 familias) y 4 serpientes (1 familia). Entre los elementos más comunes aparecen *Liophis epinephelus* y *Anadia* sp. (CASTAÑO et al., 2000) Anfibios: Hay registros de 90 especies; el orden Caudata tiene 1 familia, 1 género y 3 especies y Anura 5 familias, 11 géneros y 87 especies. Entre los elementos más representativos aparecen *Osornophryne bufoniformis*, *Osornophryne percrassa*, *Atelopus ebenoides*, *Eleutherodactylus boulengeri* y *Hylopsis buckleyi* (ARDILA & ACOSTA, 2000).

Mariposas: Se tienen registros de cuatro familias, nueve subfamilias, 48 géneros y 131 especies (ANDRADE & ÁLVAREZ, 2000)

8.6. R4 – SOCIAL

La satisfacción de las necesidades básicas de la supervivencia biológica no se limita a los aspectos fisiológicos – alimenticios, si no que abarcan también la realización de actividades para mejorar las condiciones de abrigo contra agentes físicos y agentes biológicos externos, entre otras actividades que en general buscan la supervivencia en un estatus artificial del hombre²².

En lo que tiene que ver con los ecosistemas de alta montaña y su grado de ocupación humana, según el documento Ponencia Para Primer Debate Al Proyecto De Ley 032 De 2003 Senado - “Por Medio Del Cual Se Crean Las Zonas De Paramos Y Se Establecen Otras Disposiciones”, no existen en el país censos poblacionales, económicos y catastrales, oficiales y unificados que nos permita determinar el número de pobladores campesinos de páramo y las hectáreas que ocupan y/o explotan. Pero se evidencia que este sector ha sufrido una transformación progresiva, interviniendo y ocupando el páramo constituyendo minifundios²³ con título traslativo de dominio y/o arrendamientos, no mayores a 60 ha., aunque muchos de ellos son originarios de las zonas aledañas al páramo, también es frecuente que familias de desplazados forzados por la violencia, oriundos de otras zonas geográficas y climáticas y sin relación funcional y ancestral, definan su ubicación en esta tierras (unas veces obligados por las circunstancias, otras acogidos a programas oficiales que buscan reemplazar economías de cultivos ilícitos por guardabosques. El impacto de la presencia de estos pobladores en las zonas de páramo ya ha sido ampliamente descrito, aunque la utilización de los suelos de estas zonas se destinan de manera genérica

²² Universidad del Cauca, Guía para la Elaboración de Estudios de Efecto Ambiental en Carreteras y Canales Navegables, Documento Preliminar Parcial de Trabajo. Popayán Junio de 1989.

²³ Fondo para la Acción Ambiental Colombia, Ponencia Para Primer Debate Al Proyecto De Ley 032 De 2003 Senado - “Por Medio Del Cual Se Crean Las Zonas De Paramos Y Se Establecen Otras Disposiciones” http://www.accionambiental.org/prensa_7_10.htm

a pequeños y medianos cultivos de pancoger, papa y ganadería media (Fig8).

Figura 9 Traslado de ganado vacuno dentro del sector San Rafael Parque Nacional Natural Purace.



En el documento “Ponencia Para Primer Debate Al Proyecto De Ley 032 De 2003 Senado – (Por Medio Del Cual Se Crean Las Zonas De Paramos Y Se Establecen Otras Disposiciones)”, hace la siguiente relación de los diferente actores sociales que habitan o tiene relación directa con los ecosistemas de alta montaña del país.

➤ **Comunidades Indígenas:** aproximadamente 160 comunidades indígenas organizadas en resguardos y cabildos ubicadas preferencialmente en el Macizo Colombiano – departamentos de Nariño, Putumayo, Cauca, Huila y Caquetá-cuenta con 15 páramos, habitan 7 grupos étnicos que suman cerca de 200.000 personas, en los departamentos de Nariño, alrededor del nevado del Cúmbal, se ubican dos pueblos indígenas con una población aproximada de 125.000 personas, en el departamento del Cauca, en donde habitan 4 comunidades diferentes de pueblos, con una población aproximada de 210.000 habitantes; en el Parque Nacional Natural del Cocuy, que comprende los departamentos de Boyacá, Norte de Santander, Casanare y Arauca, en cuyo extremo nororiental del parque, se encuentra el territorio indígena U’wa y, en la Sierra Nevada de Santa Marta en donde habitan 3 pueblos Indígenas.

Aunque sus cosmogonías les determina una especial relación con la tierra y sus recursos, en una estrecha coordinación de su adecuado uso y la supervivencia de la comunidad, que respeta los ciclos rituales, alimentarios y reproductivos propios, algunas de estas comunidades participan de las prácticas agropecuarias

de los campesinos y colonos, impulsadas, financiadas y asesoradas por entidades estatales y algunas privadas, en una política no diferenciada a sus usos y costumbres(aún de cultivos ilícitos) con un claro propósito de aprovechar sus tierras para ampliar la frontera agropecuaria en función de las exigencias de la economía de mercado.

9.7 Caracterización de las Actividades Antrópicas

En la actualidad, el ascenso de la frontera agrícola con la consiguiente desecación de lagunetas y ocupación de tierras parameras, junto con el aumento de la carga animal itinerante, se puede definir como el proceso de antropización (HERNÁNDEZ & MONASTERIO , 2002) del páramo, afecta drásticamente los componentes del sistema. Dentro de las actividades identificadas en el área de estudio, se hace una breve descripción de estas para el sector así como también la trascendencia que estas tienen para los ecosistemas de alta montaña.

9.7.1. ACTIVIDAD CULTIVOS

Analizando las interacciones correspondientes a los diferentes componentes para el calculo de las importancias en relación con los cultivos se tiene que esta actividad ejerce una acción que significa alterar las condiciones naturales del sistema, generano una serie de relaciones que propician impactos sobre cada uno de los componentes de este. En este sentido la cualificación que se obtiene de la matriz correspondiente es de 4 valores de importancia, sobre 10 posibles, según el diseño metodológico empleado y ya referido. Esta calificación indica que la trascendencia de esta actividad sobre el sistema es significativamente adversa dado que los diferentes componentes del sistema estan sufriendo tensiones, las cuales se relacionan y sustentan en el desarrollo de la matriz (Ver Anexo 1) correspondiente que se relaciona a continuación.

De las particularidades de esta actividad se tiene: que para estos sectores la agricultura pareciera estar en un estadio entre la tradicional y tecnificada, tradicional porque se hace en pequeños cultivos, también hay variedad de estos y son para el auto consumo, además no se emplea maquinaria, la razón de este manejo es que su finalidad es el comercio local y el autoconsumo, y tiene algo de agricultura moderna o tecnificada, porque en estos momentos los campesinos están empleando algunos productos químicos para el control de plagas y abonos. Los cultivos que se realizan en estos momentos son, en primer lugar Papa, y la Arveja (Fig. 9)

Figura 10 Diferentes Cultivos en la Zona Papa y Arveja en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Puracé.



Si se compara el grado de expansión e intensidad de esta practica con otros ecosistemas de alta montaña del departamento del Cauca, podría decirse que en el área de estudio es mucho menor que en otros lugares, las razones de dicho comportamiento en primer lugar que esta en un área protegida, otra que la topografía de este sector es mucho mas accidentada, también la situación de orden publico inciden en la prosperidad de esta practica.

En términos generales para hablar de esta actividad en los ecosistemas de páramo, podría decirse que es relativamente reciente, dado que por sus condiciones climáticas extremas, no es el área apropiada para cultivos, sin embargo, hay cultivos que se dan en los páramos aunque estos prosperan a altitudes mas bajas (HOFSTEDE. 2003). Una de las razones de cultivar en estos ecosistemas es para el autoconsumo y el comercio local. En el caso de campesinos y colonos que ejercen esta actividad en terrenos de pendiente, la frontera agrícola empieza a elevarse por pérdida de terrenos debido a procesos erosivos, por sobre - uso o por aumento de la población que requiere mas espacio. También se encuentran cultivos más intensivos de papa que son financiados por inversionistas foráneos y ejecutados por mayordomos y trabajadores asociados. Estos cultivos se hacen empleando maquinaria pesada lo cual requiere de grandes extensiones de páramo así como también el daño ocasionado es mayor. A esto hay que sumarle los cultivos ilícitos que en los últimos años están incursionando. Estos, aparte de todos los problemas sociales asociados con ellos, tienen en términos generales el mismo impacto ambiental que el cultivo de la papa.

Las prácticas agrícolas tienen un impacto negativo sobre el páramo porque para la preparación de los terrenos se elimina toda la cubierta vegetal y se vuelca el suelo. Al volcar el suelo, este se seca superficialmente con el efecto de que se

liberan muchos de los nutrientes inmovilizados en el suelo volcánico (HOFSTEDE. 2003). Esto resulta en una productividad alta, y en realidad parece que los cultivos parameros son de mucho éxito, pero eso es relativo. Después de la primera cosecha, el efecto de la liberación de nutrientes termina, y sigue el suelo con una baja disponibilidad de nutrientes igual que antes. Sin embargo, debido a la sequía a la que es sometido el suelo este pierde grandes cantidades de materia orgánica y, por ende su capacidad de retención de agua, los suelos que en su forma natural son retenedores de agua, al secarse cambian de estructura y se hacen repelentes de agua (HOFSTEDE. 2003). De esta manera, cuando un suelo descubierto y seco recibe aportes de agua por precipitación, el líquido no puede entrar en el suelo sino que se escurre superficialmente, llevando consigo las partículas de suelo seco que flotan sobre el agua. Después de la cosecha, cuando se deja el área en barbecho, difícilmente recoloniza la vegetación nativa del páramo.

En Colombia el cultivo, especialmente de papa, encuentra en el páramo beneficios climáticos para su desarrollo, pero la tecnología utilizada deja los suelos inestables propensos a procesos de: reptación, solifluxión, sofucción, subsidencia deslizamientos y derrumbes. El drenaje de los suelos hidromórficos y las quemas afectan la función reguladora en la alta montaña y la materia orgánica, su flora y fauna.

La papa se encuentra cultivada básicamente en la región Andina, en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Nariño, Antioquia y Santander. Las zonas aptas para la producción están en formaciones ecológicas de altitudes entre 1.500 y 4.000 msnm., con temperaturas entre 6 y 18 °C y pluviosidad de 500 a 2.000 mm anuales. La franja entre los 3.000 a 3.500 msnm. es la más utilizada para la producción comercial de semilla ya que las condiciones climáticas de los páramos los hacen ideales para la producción y almacenamiento de semillas libres de patógenos especialmente áfidos, ácaros y pulgones (Rivera, 2.001 Citado por Congreso Mundial de Paramos Memorias Tomo 2, Pag 144 Estado Y Gestión De Los Páramos De Colombia).

El área de cultivo en el país se ha mantenido alrededor de la media de 170.000 hectáreas por año, entre los años 1.988 y 2.000. El valor mas bajo registrado se presentó en el año 1.992 con 146.568 has y el más alto en 1.993 con un área de 185.080 ha (Ministerio de Agricultura, Consenso Agropecuario, 001 Citado por Congreso Mundial de Paramos Memorias Tomo 2, Pag 144 Estado Y Gestión De Los Páramos De Colombia).

Para el área de análisis de la presente investigación, el cultivo de papa es el que predomina, pero este no se hace en grandes extensiones, ni mucho menos para el comercio a gran escala, lo hacen par el auto consumo y para ser comercializado localmente, también se encuentran cultivos de pancoger.

➤ **Identificación de Indicadores Para La Evaluación de La Actividad Cultivos:**

Los indicadores que se eligieron y de acuerdo a la metodología empleada (Figuroa et al 1998) se establecen en un orden jerárquico de la siguiente forma: Indicadores de tercer nivel; este integra los indicadores macro, los cuales se agrupa en el ítem ambiental, indicadores bióticos y abióticos y los antrópicos. Indicadores de Segundo Nivel; definen características o patrones de relevancia para el área de influencia de la actividad identificada y pueden agrupar varios indicadores específicos de primer nivel, como por ejemplo (Agua, suelo, vegetación, fauna, social). Y los indicadores de Primer Nivel o Específicos; son totalmente cuantificables en términos de medición con unidades definidas. A continuación se relacionan los indicadores de primer nivel que se escogieron para la actividad y su relación con los de segundo nivel

9.7.1.1 RECURSO SUELO:

➤ **Eliminación de la cubierta vegetal:**

La pérdida de la vegetación arbórea nativa (Fig. 10) de las regiones altoandinas resulta en una pérdida neta importante de la capacidad de sus suelos de servir como sumideros netos de metano atmosférico. Los suelos en condiciones de páramo, por presentar pobre drenaje y alta saturación de humedad favorecen la liberación neta de metano a la atmósfera (RONDON M 2002).

Figura 11 Eliminación de vegetación en los límites del Parque Natural Puracé.



Unas de las tantas funciones que cumplen las plantas en el suelo es que ejercen una influencia directa en su formación, con el paso del tiempo las plantas colonizan el material resultante de la meteorización, sus raíces penetran en el y disgregan mas el material madre, bombean nutrientes desde las partes profundas hasta la superficie. En este proceso, las plantas recuperan minerales transportados a las zonas mas profundas del suelo por los procesos de meteorización²⁴.

La descomposición de materia orgánica conlleva la conversión de compuestos orgánicos en nutrientes inorgánicos los diversos invertebrados del suelo (ciempiés, lombrices de tierra, ácaros, colémbolos, artrópodos y otros) consumen material fresco y excretan prácticamente descompuestos. Los microorganismos descomponen todavía más estos materiales, hasta formar compuestos solubles de nitrógeno y carbohidratos, junto a una amalgama de ceras insolubles. El material resultante constituye el humus, que es un material orgánico de color oscuro constituido por gran cantidad de compuestos complejos su naturaleza puede ser variable dependiendo de la vegetación de la cual se ha originado²⁵

➤ **Alteración de Horizontes del Suelo.**

Las condiciones topográficas influyen considerablemente sobre el perfil de suelo en una determinada región climática, en terreno montañoso y bien desaguado y sometido a procesos de degradación por el hombre, propenderá a tener

²⁴ SMITH. R, SMIT. T, Ecología 4ed. Editorial Addison Wesley, en Suelo Capitulo 10 126 – 131p Madrid 2001

²⁵ Ibíd.

Horizontes A y B delgados a causa de la Erosión.

Por otro lado, puede considerarse que todos los perfiles del suelo presentan tres estratos, superior, intermedio e inferior. El estrato superior comienza en la superficie o cerca de ella y generalmente se componen de horizontes con grandes cantidades de materia orgánica y muy transformados por los procesos biológicos. El estrato intermedio a menudo contiene horizontes con material lavado proveniente del estrato superior. El inferior presenta gran cantidad de materiales puede haber material inalterado, una base sólida o un depósito de sustancias como la calcita o el yeso. Los horizontes bien desarrollados tienen límites bien definidos. Algunos horizontes, por ejemplo. Los fondos de hierro miden menos de 1 cm de grueso, mientras que los horizontes de los suelos tropicales muy meteorizados llegan a medir hasta varios metros de espesor. Los horizontes rara vez tienen horizontes similares y en algunos casos presentan lenguas que penetran en el horizonte subyacente (FITZ-PATRIC E. 1996).

Los horizontes del suelo que presentan un conjunto de propiedades definidas se utilizan para identificar las unidades del suelo y se denominan unidades de diagnóstico. Debido a que las características de los horizontes del suelo son el resultado de procesos formadores del suelo el uso de horizontes de diagnóstico para separar las unidades del suelo asegura que el sistema de clasificación está basado en principios generales de génesis del suelo (FITZ-PATRIC E. 1996)

Los cultivos tienen el impacto mayor sobre el páramo y sobre los perfiles del suelo, porque para la preparación de los terrenos se arranca toda la vegetación y se vuelca el suelo. Al volcar el suelo, este se seca superficialmente con el efecto de que se liberan muchos de los nutrientes inmovilizados en el suelo volcánico. Alterando los Horizontes Esto resulta en una productividad alta, y en realidad parece que los cultivos parameros son de mucho éxito, pero este éxito es muy relativo.

➤ **Incremento Temperatura Del Suelo – Volatilización Y Pérdida de Nutrientes.**

Al retirar la cubierta vegetal se está dejando desprotegido el suelo, esto trae como consecuencia que la luz incidente sobre este recurso será más intensa, y las variaciones de temperatura, día noche van a ser mayores.

Las manifestaciones más importantes del impacto de los rayos del sol sobre la superficie de la tierra son las variaciones de la temperatura atmosférica y del suelo. Parte de la energía que llegase absorbe y se convierte en calor, y el remanente se refleja la cantidad de energía que se absorbe está determinada por el color del suelo: los suelos de colores oscuros absorben más radiación: por lo tanto son más calientes. El suelo retiene una proporción de calor producido y otra parte se libera a la atmósfera por la conversión del aire caliente del suelo y por la radiación²⁶.

²⁶ FITZ-PATRIC E. A. Introducción a la Ciencia de los Suelos Editorial TRILLAS en: Factores de Formación del Suelo. 41 – 46 p. México 1996

La vegetación ejerce un efecto amortiguador sobre la temperatura del suelo; aunque durante el día absorbe y refleja radiación, durante la noche cierta proporción de calor acumulado se irradia hacia el suelo. En un bosque, la temperatura del suelo fluctúa menos que en áreas despobladas. De manera similar una capa de nieve reduce la pérdida de calor del suelo y disminuye la penetración del frío²⁷.

Es importante señalar que la temperatura sobre el suelo influye en la velocidad de su formación puesto que un incremento de 10°C acelera una reacción química al doble o al triple. La temperatura interviene principalmente en el proceso de meteorización de los minerales. La tasa de actividad biológica dentro del suelo, así como la velocidad de descomposición de la materia orgánica se incrementa con la temperatura, aumenta también la cantidad de agua evaporada del suelo. La temperatura del suelo afecta el desarrollo de la vegetación en los climas fríos las plantas son activas a los 5°C, y alcanzan su actividad máxima a los 20°C. La velocidad de maduración se incrementa entre tres y cuatro veces²⁸.

El calor se mueve muy despacio dentro del suelo, los horizontes inferiores (entre los 20 y 30 cm), la temperatura máxima diaria se presenta 12 horas después de la temperatura máxima de la superficie. Durante el ciclo anual, este retraso es aun mayor ya que los horizontes inferiores alcanzan su máximo inclusive después de que la superficie ha empezado a enfriarse debido al cambio de estación. En la superficie, la variación de temperatura entre las estaciones es mayor que en los horizontes inferiores, pero entre los 10 y los 20 cm de profundidad permanece constante²⁹.

➤ **Perdida Capacidad de Retención de Agua**

Según CASTAÑO URIBE (2002), el páramo puede ser considerado como el ecosistema más sofisticado para el almacenamiento de agua, y su filtración debido a la gran acumulación de materia orgánica, que permiten aumentar los espacios de almacenamiento de agua, por un lado, y a la morfología característica de las plantas del páramo, que actúan con “efecto esponja” por la necesidad de captar agua dulce proveniente de la lluvia o de la niebla. Por tal motivo, la estructura de las plantas, las hojas y su disposición sobre el terreno tienen un valor adaptativo sorprendente: los vellos y felpas de muchas de las plantas del páramo, atraen gotas de rocío que atrapan directamente de las nubes que pasan horizontalmente; las plantas cojín forman represas debido a la intrincada trama de sus unidades permitiendo el aumento de la superficie de contacto con el medio húmedo y, por ende, la retención de agua, lo cual indica necesariamente su carácter protector.

Con la progresiva disminución de la vegetación natural producto de las actividades

²⁷ Ibid

²⁸ Ibid

²⁹ Ibid

antrópicas, la densidad de individuos vegetales jóvenes puede localmente aumentar, pero finalmente tienden a desaparecer. Los pastos cortos, nativos o introducidos, reemplazan las macollas y aumentan ciertas especies que forman “alfombra”. Aumentando la superficie de suelo sin vegetación lo que significa un cambio de humedad del suelo (aumento de evaporación) que se puede secar en las estaciones secas. En general, se presenta un descenso considerable en la capacidad de retención de agua, esto también se ve afectado por la utilización de pesticidas (y abonos químicos) que influye adversamente en la calidad de agua superficial infiltrada (VAN DER HAMMEN. 2002)

➤ **Alteración características Físicas, Químicas y Biológicas**

La importancia del suelo es capital para la vida porque interviene en el ciclo del agua y los ciclos del carbono, nitrógeno y fósforo, y en él tienen lugar gran parte de las transformaciones de la energía y de la materia de los ecosistemas.

Además, como su regeneración es muy lenta, el suelo debe considerarse como un recurso no renovable y cada vez más escaso, debido a que está sometido a constantes procesos de degradación y destrucción³⁰.

Degradación de la fertilidad. Es la disminución de la capacidad del suelo para soportar vida. Se producen modificaciones en sus propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas que conllevan a su deterioro.

Al degradarse el suelo pierde capacidad de producción y cada vez hay que añadirle más cantidad de abonos para producir siempre cosechas muy inferiores a las que produciría el suelo si no se presentase degradado³¹.

Puede tratarse de una degradación química, que se puede deber a varias causas: pérdida de nutrientes, acidificación, salinización, sodificación, aumento de la toxicidad por liberación o concentración de determinados elementos químicos. El deterioro del suelo a veces es consecuencia de una degradación física, por: pérdida de estructura, aumento de la densidad aparente, disminución de la permeabilidad, disminución de la capacidad de retención de agua. En otras ocasiones se habla de degradación biológica, cuando se produce una disminución de la materia orgánica incorporada.

La FAO define la contaminación como una forma de degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo. El diccionario de la Real Academia define la contaminación como la alteración de la pureza de alguna cosa, como los alimentos, el agua, el aire, etc.

La acumulación de sustancias tóxicas para los organismos suele producirse de una manera artificial, como consecuencia de las actividades humanas, pero también puede ocurrir de manera natural, la edafización libera sustancias

³¹ La problemática de la utilización del suelo. Concepto de degradación.

<http://agronomia.uchile.cl/webcursos/cmd/Felipe%20Aburto/Degradaci%F3n.html> obtenida el 23 Mar 2005

contenidas en las rocas (heredadas o neoformadas) que se concentran en el suelo alcanzando niveles tóxicos.

➤ **Perdida de Suelo**

Los ecosistemas de alta montaña se han convertido en ambientes permanentemente afectados por acciones de degradación, que toma varias formas interrelacionadas: la erosión de los suelos, la contaminación de aguas, la deforestación, la presión sobre bosques nativos y páramos para ampliación de la frontera agrícola, la extinción de especies, entre otros. Estos procesos impactan en todos los sectores de la economía rural y están llevando al agotamiento de los recursos naturales.

La erosión se ha convertido en uno de los problemas mas adversos par estos ecosistemas; la perdida se suelo por este fenómeno se ve favorecido debido a pronunciadas pendientes y malas prácticas de manejo agrícola.

Los daños que la erosión causa no sólo afectan al lugar en donde ésta se presenta, sino que también se resienten en lugares distantes, como veremos a continuación al enumerar los efectos de la erosión³²:

- ✓ Un gradual adelgazamiento y pérdida paulatina de la fertilidad del suelo debido al desgaste causado por el acarreo del material que lo forma.
- ✓ Endurecimiento del suelo y aparición en la superficie de grava o rocas que se encontraban en capas profundas del suelo y que van llegando cada vez a capas más superficiales.
- ✓ Formación de grietas por las que escurre el agua, que se van transformando en cárcavas profundas o auténticas barrancas conforme el proceso erosivo progresa.
- ✓ Disminución gradual de la productividad agrícola, la velocidad de regeneración de pastos para el ganado o la potencialidad del suelo para recuperar o regenerar su vegetación natural original.
- ✓ Al compactarse el suelo y desaparecer la vegetación, el agua deja de infiltrarse hacia capas más profundas del suelo, y en su mayor parte escurre por la superficie, agravando el proceso erosivo.
- ✓ Al no haber infiltración de agua a capas más profundas del suelo, el manto freático se reduce y pueden desaparecer los manantiales permanentes, de manera que los ríos de caudal permanente tienden a hacerse torrenciales, de caudal estacional y reducirse e incluso secarse en la época de estiaje.
- ✓ La pérdida de la capacidad de retención de agua por el suelo y la desaparición de las corrientes permanentes conducen a una gradual desertización del territorio erosionado, sobre todo en zonas semiáridas.
- ✓ Las corrientes de agua que bajan de cuencas que sufren procesos erosivos van cargadas de sedimentos que vuelven turbias sus aguas, afectando la biota de

³² DEGRADACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS en:
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/083/htm/sec_7.htm

los ríos que estas corrientes generan. Desaparecen las plantas acuáticas por falta de luz y los peces característicos de aguas claras son desplazados por especies adaptadas a las aguas turbias. Algunas malezas acuáticas pueden verse favorecidas por el incremento en la cantidad de nutrientes acarreados por el agua.

✓ Los sedimentos acarreados por los ríos aceleran el azolvamiento de los lagos o de las presas en las que los ríos desembocan, disminuyendo su vida útil.

✓ Los efectos sociales de todos estos daños son graves. La disminución de la productividad de la tierra y de los cuerpos de agua causa pobreza y movimientos migratorios a otras zonas, que se verán a su vez afectadas por el mismo proceso con la llegada de nuevos habitantes. La emigración puede darse también hacia las ciudades, y contribuir así a aumentar los problemas derivados del crecimiento demográfico explosivo.

9.7.1.2. RECURSO VEGETACIÓN.

➤ Perdida de La Cubierta Vegetal - Alteración de Procesos Sucesionales

En las zonas de páramo seco, para la década del 70, los cultivos eran el 24.7%. Son los suelos más atractivos para estas actividades por sus mejores ofertas edáficas y climáticas del ecosistema, sin embargo es de esperarse que debieron ser los suelos que soportaban una mayor diversidad. Aunque la mayor parte de este uso se encuentra en suelos de resiliencia alta en el ecosistema, el tipo de agricultura y las tecnologías utilizadas presagian degradación de los suelos. La productividad obtenida con cultivos limpios, especialmente la papa, el maíz con labranza de suelo, motocultivo sin rotaciones, si redistribución de la materia orgánica y aplicación de pesticidas y fertilizantes en exceso, tienen un costo ambiental adverso alto, pues desequilibran el reducido ciclo hidrológico, empobrece los suelos, genera compactación pérdida de materia orgánica erosión y desertificación además de la contaminación de suelos y aguas³³.

El suelo de los páramos húmedos, el 6.8% de los cultivos actuales tenían coberturas de páramo en el año 70. El área en cultivos es solamente del 6% del total pero el 56 % de sus suelos tienen categoría muy baja de resiliencia. Estas condiciones de fragilidad se agravan por la acción erosiva de las precipitaciones y los vientos que generan procesos erosivos y de remoción en masa. Es importante resaltar que esta unidad los suelos orgánicos que cubren el 21.4% del área en cultivos son los mejores representantes como reguladores del ciclo hidrológico.

▪ Cambio de arbustos de páramo a cultivos

En suelos de páramo seco el 2.0% presentaba una cobertura de arbustos de

³³ IDEAM. Suelos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición de Hot Spot & Global Climatic Tensor, Ed IDEAM, Cap 4 Transformación y Cambio en el Uso del Suelo en los Paramos de Colombia en las Últimas Décadas Pag 240, 2002, Bogotá.

páramo en el año 70 de las cuales el 18% presenta muy baja capacidad de resiliencia. En los suelos de páramo húmedo el 1.3% corresponde a esta cobertura siendo en ambos casos la cobertura menos afectada por la agricultura³⁴.

Es de resaltar que el 67% de los suelos de páramos húmedos presentan muy baja capacidad de resiliencia, que obstaculiza el crecimiento de la vegetación y recuperación de esas áreas húmedas. Dado el alto contenido de humedad en estos suelos. Las amenazas por movimientos en masa y erosión se incrementan por el cambio de uso de la tierra a cultivos.

- **Cambio de Bosque Alto andino a cultivos³⁵**

En suelos de páramo húmedo, el 38.1% de los suelos en cultivos actualmente, presentaban coberturas de bosque alto andino, lógicamente siendo un porcentaje mayor en ecosistemas secos por la condiciones de humedad.

La transformación de un bosque Alto Andino en cultivos donde se presenta un mayor impacto al ecosistema. Sustituir una estructura tan compleja que regula ciclos biogeoquímicos e hidrológicos por una agricultura erosiva no puede generar mas que un desequilibrio hidrológico y de nutrientes por presión a los movimientos en mas, afectación a la dinámica torrencial fluvial y amenaza de desastre a las actividades antrópicas localizadas en las vertientes y valles de las cuencas.

- **Alteración de los procesos sucesionales**

Siempre hay perturbaciones en el paisaje, ya sean debido o no a la acción directa de los humanos. Los bosques pueden ser cortados, quemados o inundados pero, si las condiciones son apropiadas de nuevo, eventualmente podría regenerarse.

Sin embargo, esto sucede gradualmente y muy lentamente. Antes de que se establezcan los árboles, primeramente el área debe ser colonizada por gramíneas y arbustos. Estas primeras plantas son llamadas plantas colonizadoras (o pioneras), y necesitan ser resistentes y de crecimiento rápido para poder sobrevivir en las condiciones frecuentemente desfavorables que se encuentran en áreas recientemente alteradas³⁶.

Los patrones de sucesión son relativamente predecibles en la mayoría de las áreas. Siempre se establecen primero las gramíneas y otras pequeñas plantas, seguidas por una serie de vegetación que conduce finalmente al "bosque climácico". Cualquier región particular tiene su propio conjunto de especies climácicas, que son las plantas que están mejor adaptadas al área y que persisten luego de haber terminado la sucesión, hasta que otra alteración suceda en el área. Cada metro cuadrado de suelo saludable puede contener hasta 1000 semillas en estado latente. Cuando se elimina la vegetación, muchas de estas semillas germinan inmediatamente. Si se vuelve a eliminar la vegetación y se remueve el

³⁴ Ibíd.

³⁵ Ibíd.

³⁶ Matices de Verde, Los Bosques: la sucesión ecológica, <http://www.jmarcano.com/bosques/tiempo/sucesion.html> obtenida el 13 Feb 2005 10:12:25

suelo superficial, el área permanecerá desnuda y es susceptible a una erosión severa.

Frecuentemente, se les llama "malezas" a las gramíneas y otras plantas que sirven como colonizadoras; el crecimiento subsiguiente de arbustos es considerado como de arbustos "indeseables". Pero sin estas etapas intermedias, el hábitat alterado no puede regresar al bosque natural. Desafortunadamente en muchas áreas de páramo, la intensidad reiterativa de las actividades antrópicas conduce a una degradación severa del suelo, y no ocurren más los patrones normales de sucesión debido a la fragilidad de sus suelos. En lugar de volver a ser un páramo propiamente dicho, el área se convierte en un mosaico de pasturas ya que no hay suficiente nutrientes en el suelo para sostener las coberturas vegetales típicas de estos ecosistemas.

➤ **Fragmentación de ecosistemas - Pérdida de hábitat y nichos.**

La fragmentación es la división de un hábitat continuo en pedazos más pequeños y aislados, cuyos resultados son: la reducción del área total del hábitat, la reducción del tamaño de los parches de hábitat y el aumento del aislamiento en las poblaciones que los habitan (ECOTONO, 1996). Autores como Primack (1998) afirman que este proceso no ocurre al azar, las áreas más accesibles de topografía poco accidentada y con alta productividad son las primeras en ser alteradas para utilizar las tierras en agricultura, asentamientos humanos o extracción forestal.

El estudio de fragmentación realizado (MARTINEZ. 2005) para el en el sector de San Rafael identifica que para el bosque hay una reducción en el número de fragmentos (de 53 a 45) donde el mas alto de los tipos de vegetación comparados, adicionalmente se presenta una reducción en la significancia de su forma (de 101 a 89) y el tamaño del mayor parche (de 53 A 47), es interesante mirar la reducción en la proximidad entre los fragmentos de esta cobertura (PROX) de 846 a 0,31, de lo cual se deduce que hay una pérdida en el continuo de la cobertura boscosa resultante en parches tamaño reducido y formas irregulares que distan entre si disminuyendo su conectividad.

En el caso de los Arbustales los índices varían moderadamente y arrojan un cambio considerable para la conectividad de los parches pertenecientes a esta cobertura, una causal de este comportamiento se debe a la regeneración de algunas áreas de bosque intervenidas que han facilitado un estadio sucesional en áreas de transición del bosque a las coberturas de tipo herbáceo.

Los Pajonal se reducen en el numero de fragmentos (de 7 a 4) pero se incrementa la significancia del área de este tipo de cobertura en el paisaje (de 830 a 1444), conllevando a una mayor conectividad (de 655 a 753), esto se presenta porque las especies características de esta cobertura tienen la capacidad de ocupar rápidamente los espacios cedidos por otras coberturas facilitando la interconexión

de parches de pajonal separados, es evidente según estos índices que en la zona estudiada la matriz es de tipo herbáceo.

La cobertura vegetal intervenida Pastos, presenta un incremento en la significancia del área ocupada dentro del mosaico pero no poseen conectividad alguna entre los tres parches presentes, esto se debe a la ocupación aleatoria y bajo ciertas condiciones de los espacios paramúnos, de forma que sean compatibles con la actividad ganadera. Las comunidades vegetales identificadas según sus tipos fisonómicos en Chuscal, Frailejonal, Tremedal-Turbera y Lagunas no presentan una diferencia considerable en los valores de los índices considerados para el periodo en cuestión, por esto podemos plantear que estas coberturas han permanecido relativamente estables.

Los efectos primarios de esta fragmentación se reflejan en las *alteraciones microclimáticas* dentro y alrededor del remanente (parche) y el otro efecto es el *aislamiento* de cada área con respecto a otras áreas remanentes dentro del paisaje. Es así que, en un paisaje fragmentado existen cambios en el ambiente físico como en el biogeográfico (SAUNDERS et al., 1991).

Cambios Microclimáticos.

La fragmentación del paisaje tiene como resultado cambios en los flujos físicos a través del paisaje. Alteraciones en los flujos de radiación, viento y agua pueden tener efectos importantes sobre la vegetación nativa remanente (SAUNDERS et al., 1991).

Aislamiento.

La fragmentación del paisaje tiene dos consecuencias importantes para la biota. Primero, existe una reducción del área de hábitat disponible, con incrementos en la densidad de la fauna sobreviviente en los remanentes, y la segunda consecuencia, es que los hábitats que son dejados fragmentados en remanentes se aíslan en diferentes grados. El tiempo desde el aislamiento, la distancia entre remanentes adyacentes y el grado de conectividad entre ellos son importantes para determinar la respuesta de la biota frente a la fragmentación (SAUNDERS et al., 1991).

Influencias modificantes.

- **Tamaño del remanente:** Los remanentes más pequeños, tienen una gran influencia por los factores externos, en estos la dinámica del ecosistema es probablemente dirigida por factores externos que por fuerzas internas. En estos remanentes adquiere la importancia del efecto de borde. Los remanentes mas grandes tienen un gran área núcleo que no es afectado por el medio y los cambios bióticos asociados con el borde (HARRIS, 1988). El “área mínima dinámica” según Pickett & Thompson (1978) o “las áreas mínimas con un régimen de disturbación

natural las cuales mantienen recursos internos aprovechables” probablemente podrían existir solamente en extensos sitios de conservación.

▪ **Posición en el paisaje:** La posición del remanente en el paisaje afecta a la prefragmentación de patrones geomorfológicos, de suelos y vegetación, y a partir de ésta se determina la estructura y la composición de la vegetación de algún remanente dado (HARRIS, 1988)

Por otro lado la pérdida de hábitat es la razón más importante de la extinción de especies, al disminuir el hábitat, se ve afectada su distribución del hábitat restante por una falta de continuidad. Esto puede ser para áreas agrícolas, construcciones, represas, caminos, tendidos eléctricos, etc. Lo que produce finalmente la fragmentación del hábitat original, que ahora existe como parches fragmentados, significa que una población que vive en un hábitat original se ve reducido a un tamaño total más pequeño, esto quiere decir que son divididos en poblaciones múltiples. Más allá del reconocimiento de la deforestación como proceso indicativo del deterioro de los bosques, desde hace algunos años se ha venido reconociendo el hecho de que incluso la división en "parches" de las áreas forestales son también, no sólo un indicador general del estado del ecosistema, sino también una forma de conocer los límites de deterioro a los que puede someterse un área arbolada para que mantenga relaciones con las zonas aún compactas. Si se produce una fragmentación adicional también se disminuye el tamaño medio de los parches del hábitat y los aísla³⁷.

Otro efecto de la fragmentación es el aumento del efecto borde. Al disminuir los parches del hábitat, aumenta la vulnerabilidad de las especies a las condiciones ambientales adversas, que son frecuentes en los bordes de los parches de lo hábitat, pero no en su interior.

➤ **Cambio en la Evapotranspiración y Humedad Relativa – Alteraciones Microclimáticas.**

La evaporación es el proceso por el cual el agua es transferida desde la superficie terrestre hacia la atmósfera. Incluye tanto la evaporación de agua líquida o sólida directamente desde el suelo o desde las superficies vegetales vivas o muertas (rocío, escarcha, lluvia interceptada por la vegetación), como las pérdidas de agua a través de las superficies vegetales, particularmente las hojas. En este último proceso, denominado transpiración, el agua absorbida por medio de las raíces, se transfiere a la atmósfera fundamentalmente a través de los estomas situados en las hojas (SANCHEZ-TORIBIO.1992, Citado por DOMINGO, VILLAGARCÍA y WERE).

La importancia cuantitativa de este proceso es tal que, como promedio global, el 57% de la precipitación anual es devuelta a la atmósfera por evapotranspiración, alcanzando valores del 90 y 100% (Sanchez-Toribio. 1992: Citado por DOMINGO

³⁷ Fragmentación del hábitat y su efecto borde, en: <http://www.monografias.com/trabajos5/frag/frag.shtml>

F, VILLAGARCÍA L y WERE A) en zonas áridas y desérticas. Las cantidades de agua que por este concepto vuelven a la atmósfera y la energía necesaria para ello, alcanzan cifras también realmente notables. Por tanto la evapotranspiración es un componente fundamental del balance del agua y un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera.

Mediante la evapotranspiración, entre otros factores ecológicos, los ecosistemas de alta montaña de páramos y subpáramos regulan el ciclo hídrico característico. De la conservación eficiente de tales factores reguladores depende la persistencia de la estructura y dinámica del bioma páramo, de las cuales a la vez depende la interacción equilibrada y sustentable de las comunidades con el medio ambiente. Cabe así mismo destacar la capacidad para almacenar agua y regular los flujos hídricos de estos ecosistemas.

El páramo es un ecosistema en el cual la vegetación y el suelo han desarrollado un gran potencial para interceptar y almacenar agua, de ello depende el valor estratégico del páramo como regulador del ciclo hídrico e inclusive de producir excedentes del tan preciado líquido, aprovechables para diferentes fines (MORA- OSEJO 2002). Al remover las coberturas vegetales de estos ecosistemas, se altera capacidad para almacenar agua y regular los flujos hídricos del bioma páramo.

También la fragmentación tiene como resultado cambios en los flujos físicos a través del paisaje. Alteraciones en los flujos de radiación, viento y agua pueden tener efectos importantes sobre la vegetación nativa remanente (SAUNDERS *et al.*, 1991) sobre el ciclo del agua la fragmentación tiene algunos efectos directos en:

- **Flujos de radiación.**- El balance energético de un paisaje fragmentado sería muy distinto de otro con una total cobertura vegetal nativa, especialmente donde fue densa antes de ser removida, su remoción y el reemplazo con especies cultivables con diferente morfología y fenología altera el balance de radiación por el incremento de la radiación solar en la superficie durante el día, cambiando el albedo, e incrementando la reradiación en la noche. Esto produce que las especies tolerantes a las sombras se vean restringidas al interior de los parches. Por otro lado el proceso del ciclo de nutrientes puede ser afectado por el incremento de la temperatura del suelo y sus efectos sobre la actividad de microorganismos del suelo y numerosos invertebrados (PARKER 1989).
- **Viento.**- El incremento de la exposición al viento de los paisajes fragmentados puede ocasionar daños sobre la vegetación, también por daños físicos directos, o por el aumento de la evapotranspiración, reduciendo así la humedad y aumentando la desecación (LOVEJOY *et al.*, 1986).

La dinámica de claros (WHITMORE, 1982, GÓMEZ-POMPA y VÁZQUEZ-YANES, 1985, MARTÍNEZ-RAMOS, 1985) indica que la caída de un árbol produce

cambios en el microambiente (luz, temperatura, humedad, nutrientes) que activan el desarrollo de una cohorte de plántulas y árboles preexistentes que estaban suprimidos. Sin embargo, con la tumba comercial o para otros fines este efecto se magnifica. Los claros pequeños se recuperan principalmente mente con individuos del banco de plántulas; pero en los claros grandes se puede producir "shock de insolación" y estas plántulas mueren, por lo que la recuperación es principalmente proveniente del banco y lluvia de semillas.

➤ **Perdida de vegetación autóctona - Alteración productividad primaria.**

La tierra con vegetación natural se prepara para el cultivo mediante la su eliminación, de frailejones y pequeños arbustos, para luego pasar el arado. En ocasiones se utiliza también la quema. Después de la cosecha (o cosechas) la recuperación sigue varias fases.

La recuperación completa de la vegetación natural del páramo puede durar bastante más tiempo. Para que los frailejones lleguen de nuevo a alturas de 2 m o más puede transcurrir entre 50 y 100 años. Ya que la rotación de los cultivo es mucho más corta, la vegetación de la zona baja del páramo (sub - páramo) en muchas partes se encuentra bajo fuerte influencia humana, y en estado "secundario" o subserial constante.

En general se puede decir que el cultivo tradicional conduce al incremento de especies introducidas, y un descenso del número total de especies. Al incentivarse este tipo de uso de la tierra, los páramos tienden a volverse praderas, con cada vez menos frailejones y menos arbustos. Actualmente se ve un ascenso gradual de los cultivos y una mecanización e industrialización de los cultivos de la papa, que lleva a la destrucción casi total del páramo.

La destrucción de la capa vegetal y de humus, así como la utilización de pesticidas (y abonos químicos) pueden influenciar considerablemente la capacidad de retención de agua y la calidad del agua superficial e infiltrada³⁸.

➤ **Extinción Local de Especies Vegetales - Aparición de Especies Exóticas**

▪ **Aparición de Especies Exóticas**

El impacto negativo de la introducción de especies es casi siempre la pérdida de biodiversidad y todas sus secuelas (erosión, pobreza, aumento de la inmigración a las grandes ciudades, entre otras)³⁹.

³⁸ VAN der HAMMEN. Thomas, Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002. En, Diagnóstico, cambio global y conservación 63 -64 p

³⁹ EDUFUTURO: INTRODUCCIÓN DE ESPECIAS EXOTICAS, En: <http://www.edufuturo.com/educacion.php?c=1364>

Si bien muchas especies y variedades introducidas han servido para mejorar la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria, paradójicamente también, la comprometen, dado que tienen impactos negativos sobre la biodiversidad de la que dependen los procesos productivos. Por ejemplo, el uso indiscriminado de pesticidas en los monocultivos de especies introducidas como el banano, contamina el agua que se usa en otros agroecosistemas. Asimismo, esta introducción puede conllevar la extinción de especies nativas, que son fuente de ingresos económicos por su belleza.

De igual manera, la introducción de rebaños de vacas u ovejas es una de las principales causas de la destrucción de los bosques de la, y la implantación de monocultivos de banano o de palma africana han tenido el mismo impacto en los bosques de la Costa y la Amazonía.

Los Páramos y sus especies no han escapado a este problema ambiental. Estos ecosistemas son reforestados con Pinos, árboles propios de las zonas templadas del planeta que cuando son introducidas en estas tierras tropicales vuelven al suelo más ácido, modifican el paisaje andino y el ciclo de agua, y causan de pérdida de hábitats y especies nativas. Lo mismo sucede con los valles interandinos o algunas regiones de la Costa donde se prefiere el Eucalipto para reforestar, o donde se siembra indiscriminadamente Palma Africana en vez de otras palmas nativas, entre otras, la cuales tienen inclusive mayor productividad de aceite y cuyo cultivo causa menos perjuicios al ambiente.

La introducción de especies se hace extensiva los microorganismos, los cuales también pueden ocasionar efectos negativos sobre el ambiente. Tal es el caso de hongo *Fusarium oxysporum* que está siendo usado desde el 2001 para fumigar las plantaciones de Coca y Amapola en Colombia. Este hongo, además de ocasionar problemas a la salud de la gente campesina, está matando otros cultivos y organismos silvestres como mariposas y otros polinizadores y causando pérdidas irreparables de biodiversidad.

Son tantos los impactos negativos de la introducción de especies que este problema es considerado la segunda amenaza a la biodiversidad en el mundo, después de la destrucción y la fragmentación de los hábitats.

Sin embargo, en zonas del territorio continental es prácticamente imposible erradicar las especies introducidas, en algunos casos porque constituyen una fuente importante de ingresos y alimentos -como las vacas, los borregos o los pinos- y en otros porque hacerlo sería sumamente difícil y costoso -como el kikuyo o las ratas-.

Debido a las dificultades para remediar el problema cuando las especies ya han sido introducidas, sin duda la mejor forma de enfrentarlo es evitando el nuevo transporte de especies hacia zonas donde aún no están presentes.

➤ **Alteración de la biodiversidad - Posible pérdida de Endemismos**

Los daños a las especies, que supondrán su desplazamiento o su destrucción, derivan de un impacto directo sobre ellas, lo que suele ser más general, de una alteración importante de sus hábitats. En ambos casos, los daños se producen sobre todo el ecosistema, ya que una alteración en las plantas repercute en los invertebrados, éstos en los vertebrados, etc⁴⁰.

Entre las causas directas, pueden citarse prácticas como:

- La caza con fines peleteros,
- La persecución de las llamadas alimañas,
- El coleccionismo,
- La demanda de zoológicos y laboratorios, o

Entre las indirectas se encuentran:

- La degradación del hábitat por vertidos continuos o puntuales de contaminantes,
- La fragmentación del hábitat.
- La alteración de los cursos de agua,
- La presión demográfica, procedente de las propias zonas o por motivos turísticos,
- La alteración del hábitat por urbanización total o parcial, por transformación del bosque en zona de cultivo, etc., o
- La extracción incontrolada de madera para fines de bajo rendimiento, como construcción, pasta de papel, embalajes, etc., madera que, en muchos casos, es exportada a bajo precio desde entornos ecológicamente importantes.

La diversidad biótica es generada constantemente en el proceso natural que, a la larga, crea nuevas especies. Pero este proceso de diferenciación (especiación) opera normalmente a una escala temporal que va desde miles a millones de años. La extinción, por tanto, excede largamente a la especiación.

▪ **Perdida de Endemismos**

Conceptualmente lo que mas se relaciona con la vulnerabilidad de una determinada especie a la extinción son su rareza y el carácter endémico de la misma, los cuales están muy relacionados entre si, y hacen referencia a si la especie tiene rango geográfico restringido, es especialista en el uso de unos pocos hábitats, o si la especie se encuentra en pequeñas poblaciones. Las especies endémicas, por ser naturalmente restringidas a un área geográfica limitada, son mas susceptibles a los efectos de las actividades antrópicas o sea que tienen mayor tendencia a sufrir procesos de extinción que aquellas especies

⁴⁰ La Biodiversidad: En http://www.indexnet.santillana.es/rcs/_archivos/Documentos/biogeodoc/biodiversidad.pdf.

de amplia distribución. Las principales características que hacen que una especie enfrente riesgo de extinción son entre otras⁴¹:

- Especies de rango geográfico restringido
- Especies con pocas poblaciones actuales
- Especies con tamaños poblacionales pequeños
- Especies cuyas poblaciones se sabe que están declinando
- Especies con baja densidad poblacional
- Especies que necesitan un gran rango de acción
- Especies animales de gran tamaño corporal
- Especies con baja capacidad de dispersión a nuevos ambientes
- Especies migratorias (estacionales)
- Especies con variabilidad genética baja
- Especies especialistas de hábitat
- Especies restringidas naturalmente a ambientes prístinos
- Especies congregatorias
- Especies que sufren presión por sobre explotación
- Especies con parientes cercanos extintos o amenazados actualmente
- Especies afectadas por la presencia de especies invasoras.

Que una especie sea endémica no implica que esté amenazada de extinción, pero su valor implícito de exclusividad, las hace vulnerables y por lo tanto relevantes para la conservación.

Para los ecosistemas de páramo, en lo que tiene que ver con el grado de endemismo es el centro de importantes de especies con una distribución restringida. El número de géneros endémicos de flora en el páramo colombiano es del orden de unos 25 (8% del total nacional), sobresaliendo en número de géneros y especies la Cordillera Oriental, la cual es sin duda la región de mayor importancia desde el punto de vista de la formación y evolución de la flora de páramo y por ende de la fauna⁴². La fauna de los suelos de páramo es muy rica en especies, por lo cual se presume que exista un endemismo muy pronunciado. Aunque se ha coleccionado bastante material, las determinaciones son en general a nivel de grupo, buena parte de la mesofauna del suelo aún es desconocida.

9.7.1.3. Recurso Agua

➤ Movimiento de tierra, Colmatación de Cauces

⁴¹ Instituto de Investigación de recursos Biológicos, Alexander Von Humboldt, Especies amenazadas, En <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=3000011>

⁴² Ministerio Del Medio Ambiente Dirección General De Ecosistemas, Programa Para El Manejo Sostenible Y Restauración De Ecosistemas De La Alta Montaña Colombiana: P Á R A M O S, Especies amenazadas, Bogota Dic 2001

La presencia de las plantas y las primeras capas del suelo son imprescindibles para que el agua de las precipitaciones se infiltre y recargue los acuíferos. Por tanto, un aumento en la pérdida de suelo significa siempre una disminución en la recarga de los acuíferos y un riesgo para todos aquellos que se abastezcan de dichos acuíferos. Por otro lado la modificación que esto supone para los ciclos hidrológico y climático puede suponer graves alteraciones de estos en el futuro⁴³.

La erosión provoca que aumente la carga sólida que arrastran los ríos, es decir los limos, arenas, piedras. Esto provoca una serie de graves problemas. El primero de ellos es la colmatación de los lagos y lagunas. Es decir los materiales arrastrados por las corrientes de agua se depositan en estos humedales que acaban convertidos en barrizales inútiles para el consumo humano o animal y que alteran los ecosistemas de dichas áreas, porque reciben más aportes de los que pueden soportar manteniendo su equilibrio natural. Muchas veces esta carga sólida se acumula en las presas de los pantanos que pueden quedar inútiles en pocos años. Otro problema añadido del aumento de la carga sólida de los ríos, es que se enturbien las aguas costeras de las zonas donde desembocan. Estas aguas dejan de ser útiles para la pesca de bajura, ya que los peces huyen al cambiar las condiciones de su ecosistema y también pierden el atractivo turístico que puedan tener. La distribución de estos sedimentos por las corrientes litorales causa que algunos puertos sufran problemas de colmatación similares a los de los pantanos.

➤ **Alteración de Características Físicas. Químicas. y Biológicas.**

La alteración de las características normales del agua es la incorporación a esta de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Los principales precursores de las características del agua son:

Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).

Agentes infecciosos.

- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas (eutrofización). Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.

⁴³ La Erosión, en http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html

- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo con aportes de pesticidas, agroquímicos, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- El aumento de la temperatura por falta de la cubierta vegetal también puede ser considerado un contaminante.

Efectos de las alteraciones de las características del agua.

Los efectos de las alteraciones antrópicas del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo⁴⁴.

Los sistemas lénticos son especialmente vulnerables a la contaminación. Hay un problema, la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor, y un cúmulo de algas o verdín desagradable a la vista, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras⁴⁵.

➤ Variaciones En la Estructura de las Comunidades Acuáticas

La eliminación de la vegetación situada en los alrededores de los cursos y laminas de agua, provoca un aumento de la insolación y la consiguiente elevación de la temperatura del agua, por lo que disminuye la cantidad de oxígeno disuelto. Por otro lado se produce un mayor arrastre de elementos sólidos, que puede modificar las condiciones de turbidez del agua y afectar las comunidades bentónicas. Todo ello repercute sobre la fauna acuática y altera las condiciones de reproducción alimentación y hábitat, alterando la estructura trofodinámica de la comunidad.

La desaparición de la vegetación natural rupícola favorece el desmoronamiento de la rívera y elimina los refugios de la fauna acuática.

➤ Alteración del nivel freático

⁴⁴ BUJAN. D A, MANTOVANI. J. Análisis del Agua, en www.monograifas.com

⁴⁵ Ibid

La agricultura es uno de los más importantes factores de degradación de las riberas en extensión superficial. La primera consecuencia directa de la ocupación de los terrenos colindantes a la ribera es la deforestación de la vegetación ripariana, lo que provoca un incremento de la erosión en las márgenes y la alteración de la geomorfología del cauce. En otros casos, los cultivos se desarrollan en la llanura de inundación.

➤ **Alteración de Red Trófica**

Se estima que el índice de aprovechamiento de los recursos en los ecosistemas terrestres es como máximo del 10 %, por lo cual el número de eslabones en una cadena alimentaria ha de ser, por necesidad, corto. Sin embargo, un estudio de campo y el conocimiento más profundo de las distintas especies nos revelará que esa cadena trófica es únicamente una hipótesis de trabajo y que, a lo sumo, expresa un tipo predominante de relación entre varias especies de un mismo ecosistema. La realidad es que cada uno de los eslabones mantiene a su vez relaciones con otras especies pertenecientes a cadenas distintas⁴⁶. Es como un cable de conducción eléctrica, que al observador alejado le parecerá una unidad, pero al aproximarnos veremos que dicho cable consta a su vez de otros conductores más pequeños, que tampoco son una unidad maciza. Cada uno de estos conductores estará formado por pequeños filamentos de cobre y quienes conducen la electricidad son en realidad las diminutas unidades que conocemos como electrones, componentes de los átomos que constituyen el elemento cobre. Pero hay que poner de relieve una diferencia fundamental, en el cable todas las sucesivas subunidades van en una misma dirección, pero en la cadena trófica cada eslabón comunica con otros que a menudo se sitúan en direcciones distintas.

➤ **Alteración de zonas ecotonales**

En el medio natural, quizás los corredores fluviales son los que adquieren mayor importancia en el paisaje, incluyendo el medio acuático y su banda de contacto con el medio terrestre, donde se asienta una vegetación característica. Estos corredores controlan los flujos de agua, sedimentos y nutrientes del entorno, y a partir de ellos se establecen unos gradientes de humedad y temperatura que influyen en las características y utilización de los terrenos adyacentes.

Para analizar las características del paisaje fluvial es necesario considerar tres conceptos relativos a su carácter de corredor, como son la sinuosidad, su altura relativa en el entorno y la conectividad; y otras características que también afectan a los restantes elementos del paisaje, como el tamaño, la forma y las

⁴⁶ META Roger, Monografías.com, Ecología.
<http://www.monografias.com/trabajos16/ecologia/ecologia.shtml> .

características del perímetro externo o de contacto con aquéllos.

La sinuosidad depende del trazado del cauce, que en condiciones naturales está relacionado con la magnitud de los caudales, la pendiente del valle y la carga de sedimentos del río.

La presencia de vegetación riparia realza esta sinuosidad, aumentando el tamaño del corredor fluvial y su contraste con el entorno. La altura del corredor es una característica íntimamente ligada a la vegetación riparia⁴⁷. Su importancia es mucho mayor en relieves llanos, donde el bosque de ribera constituye un elemento vertical de suma importancia, que en zonas montañosas, donde la altura de las laderas vertientes domina el paisaje bajo del valle. A su vez, la mayor disponibilidad de agua en la ribera hace que sea mayor su biomasa y productividad, existiendo un fuerte contraste en cuanto a su colorido y frondosidad con el resto del paisaje, donde predominan las especies siempre verdes.

En estas zonas intervenidas existe un gradiente de humedad muy marcado y brusco con la distancia al eje del río, lo que restringe la extensión de la zona de ecotono. De esta forma surgen los bosques de “galería”, de carácter lineal, aunque el relieve favorezca su extensión potencial, la cual queda muy limitada por falta de agua en el suelo.

Finalmente, la *conectividad* se refiere al grado de conexión o continuidad espacial del corredor, que determina la eficacia de su estructura para el tránsito y dispersión de las especies a lo largo del mismo.

En las riberas esta conectividad se mantiene a través de la continuidad de la vegetación riparia, ofreciendo para muchas especies no solo refugio, sino también alimento, zonas de nidificación, de cría, etc.

En algunas regiones, de fuerte tradición agrícola, las riberas constituyen el único refugio que existe para la dispersión de numerosas especies, y llegan a ser enclaves muy valiosos por su supervivencia, al constituir las zonas reducidas con vegetación arbórea.

Se comprueba de esta forma que las riberas, y en especial su vegetación, constituyen un elemento clave del paisaje, ofreciendo no solo una dimensión estética sino también funcional. El mantenimiento de esta vegetación de las riberas está ligado a la dinámica fluvial, a través de la cual se establecen las condiciones iniciales de colonización y germinación de las semillas, sobre los diferentes sustratos resultantes de los procesos de erosión y sedimentación.

9.7.1.4. Recurso Fauna

➤ Pérdida de hábitat - Extinción local de Especies:

La pérdida de hábitat es la razón más importante de la extinción de especies en los últimos tiempos, al disminuir el hábitat, se ve afectada su distribución del hábitat restante por una falta de continuidad. Esto puede ser para áreas agrícolas, construcciones, represas, caminos, tendidos eléctricos, etc. Lo que produce

⁴⁷ GONZÁLEZ, Marta. Las Riberas, Elementos Clave del Paisaje y en la Gestión del Agua: en http://www.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaraponengtanago.pdf

finalmente es la pérdida de continuidad del hábitat original, que ahora existe como parches fragmentados. Lo que significa que una población que vive en un hábitat original se ve reducido a un tamaño total más pequeño, esto quiere decir que son divididos en poblaciones múltiples⁴⁸.

Más allá del reconocimiento de la deforestación como proceso indicativo del deterioro de los bosques, desde hace algunos años se ha venido reconociendo el hecho de que incluso la división en "parches" de las áreas forestales son también, no sólo un indicador general del estado del ecosistema, sino también una forma de conocer los límites de deterioro a los que puede someterse un área arbolada para que mantenga relaciones con las zonas aún compactas. Si se produce una fragmentación adicional también se disminuye el tamaño medio de los parches del hábitat y los aísla.

Otro efecto de la fragmentación es el aumento del efecto borde. Al disminuir los parches del hábitat, aumenta la vulnerabilidad de las especies a las condiciones ambientales adversas, que son frecuentes en los bordes de los parches de lo hábitat, pero no en su interior.

➤ **Modificación de nichos.**

Hutchinson (1958 Citado por SMITH. SMIT. 2000) define al nicho como: el conjunto de condiciones abióticas y bióticas que permiten que una determinada población se establezca y se perpetúe a través de su descendencia. Estas condiciones se pueden representar a través de un hipervolumen, o volumen multidimensional, determinado por los rangos de tolerancia de todas las posibles variables que afectan o caracterizan a una determinada población.

En tal sentido los ecosistemas paramunos están sufriendo un proceso conocido como paramización (MOLANO B J 2002) de las altas montaña el cual desde el punto de vista ecosistémico debe entenderse no sólo como la colonización de las altas vertientes, los valles altos y los paisajes de turberas y acumulados glaciares, por la vegetación y fauna del páramo, sino como un proceso de pérdida de la biodiversidad al destruirse los equilibrios ecológicos de la adaptación y evolución de la vida en estos paisajes, por la pérdida de los ecotonos de interacción y transferencia de condiciones para repoblar el páramo o para restaurar la selva. De esta forma las actividades antropicas contribuyen a la modificación así de muchos nichos, rutas migratorias temporales o permanentes, fuentes de alimentación, áreas de reproducción para muchas especies y se indujeron migraciones de especies animales; y lo más grave, se provocaron procesos de extinción. El páramo se ha convertido en un espacio para la colonización. Sus paisajes modificados muestran fragmentos de selva relictuales en lugares donde la selva creció en forma continua. La fisonomía del páramo ha cambiado, las

⁴⁸ CANTÍN. Gerardo.. Et al. Fragmentación del hábitat y su efecto borde, En: <http://www.monografias.com/trabajos5/frag/frag.shtml>

coberturas estratificadas del páramo original –plantas rastreras, cojines y almohadillas, plantas epifitas, pajonales, herbazales y arbustales, integrados en una urdimbre estructural homeostática– , se han sometido al fuego, al pastoreo a las labores agrícolas, a la colonización y a la apertura de vías y campamentos.

➤ **Migración de Especies**

La introducción de especies ocasiona impactos sobre la dinámica de las poblaciones nativas y la estructura de la comunidad. Las causas pueden ser (RODRÍGUEZ. 1999): a) la depredación sobre animales o plantas, muchas veces endémicos, que no presentan sistemas de defensa al haber evolucionado en ausencia de depredadores; b) la competencia por el alimento, el espacio, etc., con especies autóctonas que ocupan el mismo nicho ecológico y que tienden a ser desplazadas; c) la alteración del hábitat y consecuente modificación de la estructura de comunidad, actuando como "especie clave" en esas comunidades restructuradas; d) la hibridación con especies similares ocasionando contaminación genética y pérdida de biodiversidad; y e) la transmisión de enfermedades y parásitos a especies que nunca las habían sufrido.

➤ **Introducción de Especies - Alteración fauna autóctona.**

Los mecanismos mediante los cuales las especies exóticas afectan a las comunidades naturales son diversos. Éstos dependen en gran medida de la historia de vida de la especie y su relación con los nichos existentes en la comunidad. Potencialmente, la especie podría ocupar un nicho vacío, es decir cumplir una función en la comunidad totalmente distinta a la de las especies originales.

Esta sería una de las formas más fáciles para una *especie* de entrar en una comunidad, ya que, en teoría, no debería encontrar muchas resistencias de potenciales competidores. A la vez, sería la menos traumática para la comunidad ya que, al menos directamente, muy pocas especies se verían afectadas. Sin embargo, las consecuencias indirectas del "llenado" de un *nicho* vacío son impredecibles. Por ejemplo, una nueva especie puede constituir alimento adicional para predadores, los que pueden cambiar su dieta dejando de consumir las presas originales o sencillamente aumentar su número en respuesta al nuevo alimento, afectando en forma desproporcionada a las presas más raras⁴⁹.

Lo más común, sin embargo, es que la especie nueva interactúe directamente con una o más especies de la comunidad. Uno de los pocos principios en ecología, el de la "exclusión competitiva", establece que dos especies que tienen los mismos requerimientos no pueden coexistir. Así, de no mediar algún tipo de cambio conductual (partición de nicho, segregación espacial o temporal, etc) el resultado

⁴⁹ ESTADES Cristián F Ciencia al Día Septiembre 1998, Vol. 1, No. 2. Especie non grata: efectos ecológicos de las especies exóticas
<http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen1/numero2/articulos/articulo6.html>

de una invasión exitosa es que una o más *especies* competidoras pueden resultar extintas. Adicionalmente, las extinciones producidas por *especies* exóticas pueden generar reacciones en cadena. En la figura 12 muestra un diagrama de algunos de los posibles efectos de la extinción de una *especie* sobre una comunidad simple.

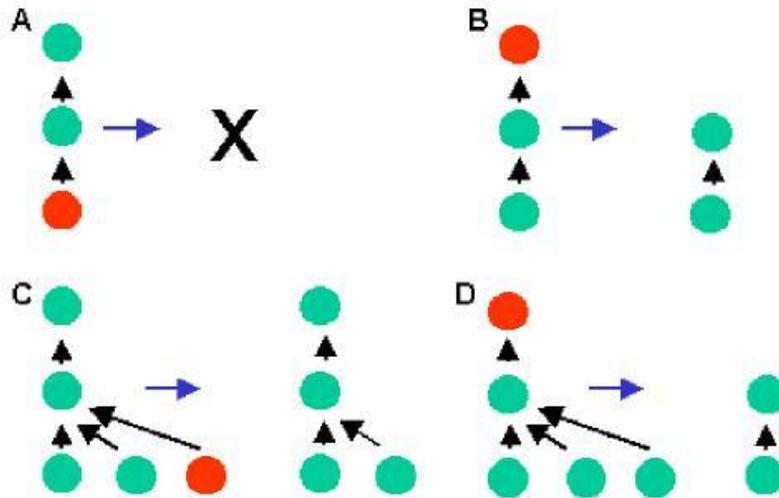
Muchas *especies* exóticas tienen una ventaja adicional sobre sus competidores y es que, en general, en las áreas que colonizan no existen los predadores y/o patógenos que las controlan en su lugar de origen. Entre las plantas existen cientos de ejemplos de *especies* invasivas o malezas que, ya sea mediante competencia directa por luz, agua o nutrientes, o mediante la secreción de sustancias alelopáticas, terminan dominando extensas áreas, y de paso extinguiendo a numerosas poblaciones de plantas y de organismos asociados⁵⁰.

Todo nuevo animal en una comunidad es un nuevo predador (y una potencial presa de otros predadores). Probablemente esta sea la única generalización posible de establecer al respecto, ya que los resultados específicos de la introducción de animales exóticos varían de comunidad en comunidad. Predadores generalistas pueden llegar a ser menos dañinos que los especialistas si es que éstos distribuyen su dieta proporcionalmente a la abundancia de las presas. Un *predador especialista* (aunque probablemente más difícil de establecer) puede llegar a extinguir una población o grupo de poblaciones antes de desaparecer él mismo. De hecho, no se requiere que un predador elimine hasta el último individuo de una población para causar su extinción sino que basta con que la reduzca hasta un nivel poblacional crítico donde factores demográficos y genéticos se encargan del resto (ESTADES 1998).

Una característica de muchas interacciones predador-presa es que éstas se rigen por relaciones denso-dependientes, es decir, el efecto de una especie sobre la otra depende de la abundancia de ambas. Así, cuando la presa disminuye en abundancia, la población del predador también tiende a disminuir permitiendo la recuperación de la primera. Por lo tanto, normalmente entre estas especies existe una suerte de retroalimentación negativa con lo que se logra alcanzar un equilibrio poblacional. Pero algunas *especies* exóticas no siguen este patrón. Comúnmente, animales domésticos como gatos y perros (que son alimentados por sus dueños) cazan a tasas que no tienen relación alguna con su nivel de hambre, sino que por una suerte de "deporte". Por otro lado, la abundancia de estos animales en un área no está determinada por la densidad de potenciales presas sino que por decisiones arbitrarias de sus dueños. Así, estos animales pueden ejercer una presión relativamente constante sobre las presas aún cuando estas últimas presentan densidades poblacionales bajas. Aunque muchos de estos predadores tienen un rango de acción limitado (deben volver a la casa del "amo"), su efecto global puede ser muy importante.

⁵⁰ *Ibíd.*

Figura 12 Efecto de la extinción de una especie



“Las flechas negras representan la dirección de la energía en la red trófica. Los círculos rojos corresponden a las especies extintas. A. La desaparición de la única planta generará una reacción de cascada extinguiendo a todas las demás especies. B. La extinción de un predador al tope de una red simple puede no afectar la sobrevivencia de las demás especies. C. La extinción de una de varias plantas puede no afectar la sobrevivencia de las demás especies. D. La extinción de un predador al tope de la red puede "liberar" al herbívoro, el que puede terminar extinguiendo algunas especies de planta (Pimm 1991 Modificado de <http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen1/numero2/articulos/articulo6.html>).”

Un tipo especial de predadores lo constituyen patógenos y parásitos. Por la naturaleza de su acción, cuando un patógeno coloniza exitosamente un nuevo lugar esto puede significar una catástrofe demográfica, sobretodo si las especies huéspedes no han desarrollado mecanismos de resistencia frente a éste. Muchas especies de animales y plantas domésticas han demostrado ser capaces de transmitir enfermedades a especies silvestres y muchos patógenos que en su lugar de origen tienen efectos mínimos, bajo condiciones distintas, pueden transformarse en plagas devastadoras. Finalmente, algunas especies exóticas pueden provocar graves daños a las comunidades nativas al alterar significativamente las características físicas del ecosistema o, incluso, al hibridizar con especies silvestres, eliminándolas "genéticamente" o, si la descendencia es infértil, reduciendo su capacidad reproductiva⁵¹.

➤ **Cambios en nichos tróficos**

⁵¹ Ibíd.

Los componentes de las comunidades de aves y de mamíferos son relativamente numerosos en ciertos ecosistemas como los de alta montaña, con representación de organismos diurnos y nocturnos, ocupan una gran variedad de niveles tróficos y participan de modo importante en los procesos naturales de regulación y regeneración de estos ecosistemas y son organismos particularmente sensibles a la destrucción y fragmentación por el hombre⁵². En los sitios afectados por estas actividades, se altera la compleja red trófica tanto acuática como terrestre, ya que estas dos son complementarias y no se pueden desligar en su funcionamiento, estos sectores sin estabilizadores de los efectos causados por la erosión cambian las condiciones de hábitat para la fauna terrestre y acuática, y para los salmónidos como estas zonas sirven de refugio, descanso alimentación ya que muchos insectos provienen de la vegetación adyacente, a su vez esta ictiofauna se transforman con el tiempo en recursos leñeros para los asentamientos humanos vecinos.

Sin embargo, la cadena trófica es únicamente una hipótesis de trabajo y que, a lo sumo, expresa un tipo predominante de relación entre varias especies de un mismo ecosistema (META R, s. f.). La realidad es que cada uno de los eslabones mantiene a su vez relaciones con otras especies pertenecientes a cadenas distintas. Es como un cable de conducción eléctrica, que al observador alejado le parecerá una unidad, pero al aproximarnos veremos que dicho cable consta a su vez de otros conductores más pequeños, que tampoco son una unidad maciza.

La red da una visión más cercana a la realidad que la simple cadena. Nos muestra que cada especie mantiene relaciones de distintos tipos con otros elementos del ecosistema: la planta no crece en un único terreno, aunque en determinados suelos prospere con especial vigor. Tampoco, en general, el hervíboro se nutre de una única especie vegetal y él no suele ser tampoco el componente exclusivo de la dieta del carnívoro. La red trófica, contemplando un único pero importante aspecto de las relaciones entre los organismos, nos muestra lo importante que es cada eslabón para formar el conjunto global del ecosistema.

En el caso de los sistemas hídricos, la alteración, tanto del fondo como de las orillas, desaparición de la vegetación de ribera, disminuyen los hábitats de los peces, los lugares de freza, las posibilidades de esconderse o de protegerse de la corriente, Cuando se produce un aumento de la temperatura del agua, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua por lo que puede llegar a que cambien las especies de peces de ese tramo, conquistando ese hábitat especies mejor adaptadas a esas condiciones.

También se producen problemas con la alimentación de la fauna piscícola, ya que al variar las comunidades de macroinvertebrados se puede modificar toda la cadena trófica.

⁵² Fragmentación de las selvas y la conservación de la biodiversidad: el caso de las aves y mamíferos silvestres, Laboratorio de Primatología, Instituto de Biología - Universidad Nacional Autónoma de México, EN <http://www.primatesmx.com/fragment.html>

➤ **Alteraciones etológicas**

La desaparición de la vegetación incide fuertemente en la temperatura de las aguas de los arroyos y ríos, disminuyéndola en invierno y aumentándola durante la época de verano y consecuentemente la falta de oxígeno condiciona y modifica el comportamiento de ciertas especies que en ella habitan, tal es el caso de los salmónidos para citar un ejemplo cuyos requerimientos son por arriba de los 6-7mg/l. En cauces desertificados los peces buscan aguas más oxigenadas, concentrándose en pozones de aguas profundas haciéndose vulnerables a los predadores o si están en tramos de poca profundidad con aguas cálidas cercanas al límite de la supervivencia salen a la superficie a buscar oxígeno atmosférico; si la situación se agrava puede ocurrir un episodio de mortalidad.

El ruido producido por el tránsito vehicular ocasionan un respectivamente un alejamiento de la fauna de las zonas aledañas a la actividad en mención, o bien se convierten en una barrera para las especies migratorias.

Los animales desplazados de los lugares intervenidos, pueden provocar tensiones reproductivas, de nicho y de hábitat en las poblaciones de animales de las zonas inalteradas, acentuando las interacciones tales como la competencia, generando situaciones de estrés en estos ecosistemas. Algunos herbívoros pueden ser desplazados y pasar a depender de los cultivos agrícolas, o producir daños en las nuevas repoblaciones o sencillamente desaparecer de la zona en forma definitiva.

Al ejercer una tensión sobre un ecosistema, estamos alterando el establecimiento de una unidad habitacional, invariablemente e irreversiblemente se talarán las especies arbóreas presentes en el predio que modificarán el hábitat natural de la flora y fauna local modificando principalmente el microclima, y la pérdida de la cadena trófica de numerosas especies desde pequeños mamíferos, reptiles, aves hasta insectos, modificación de hábitat íntimamente relacionado con la cobertura vegetal, por las características de la topografía, que al modificarse provocara el desplazamiento de especies, disminuyendo la diversidad de las mismas, que ocasionaran la presencia de especies dominantes .

La variación de la dinámica en la regeneración de especies las especies faunísticas y florísticas, presentan rasgos propios de regeneración natural, relacionadas con el hábitat, microclima, cadena trófica y otros elementos bióticos y abióticos, por lo que una modificación al hábitat natural modificarán su dinámica de regeneración, esto es habrá un periodo de adaptación, o en su defecto no habrá regeneración de especies muy vulnerables que serán sustituidas por especies más dominantes, impactando la diversidad del ecosistema.

9.7.1.4. Recurso Social

➤ Ocupación humana

Los paramos, aparte de los servicios ambientales que presta para la sociedad, también ofrece espacios para la agricultura, este aspecto propicia nexos con el ecosistema y es la causa de que el páramo hoy en día contenga una gran diversidad de paisajes culturales, a más de naturales. Entre los distintos tipos de páramo que se conocen, se encuentran en estos momentos, varios niveles de intervención humana que ha transformado el páramo en menor o mayor grado. Encontrándose un reemplazo de las coberturas vegetales autóctonas, por mosaicos de paisajes con cultivos. Esto en ciertos casos aporta a la diversidad del paisaje y a la vez forma la mayor amenaza a su integridad.

Por varias razones las actividades humanas son tan intensivas y no siempre sustentables que en muchas áreas los remanentes de bosque ya han sido talados, los pantanos drenados y el resto del páramo transformado en potreros degradados y cultivos sin rendimiento. A este nivel, el beneficio del páramo (el espacio para actividades agrícolas) ha perjudicado los otros dos beneficios (hidrología y diversidad) e inclusive se está afectando a sí mismo (HOFSTEDE 2003) este orden de ideas, se requiere de acciones gubernamentales drásticas para la mitigación del impacto de actividades humanas sobre el ecosistema páramo. En estos momentos los habitantes de estos ecosistemas tienen que sortear dos situaciones para poder sobrevivir, en términos agrícolas y ecológicos, como en términos de orden público y de atención del estado.

➤ Oportunidad para acceder a tierras - Espacio para Ejercer actividades agropecuarias

Durante los últimos quinientos años el páramo ofrece refugio para indígenas y campesinos cuando han visto amenazada su permanencia en sus lugares se origin. Allí han ido en busca de un espacio para ejercer sus actividades quienes ante el monopolio de la tierra apta para la agricultura no encuentran dónde ejercer sus prácticas agrícolas⁵³. Los cultivadores de papa a gran escala se han apropiado de grandes extensiones de páramos que eran considerados baldíos. Algunos ciudadanos sin medir sus consecuencias desecan de manera artificial los humedales para construir lugares de recreo o retiro, y otros esperan instalar sus nuevos negocios ecoturísticos o apropiarse los que el estado ya ha construido. Las fuerzas militares han encontrado en estos ecosistemas escenarios importantes y estratégicas e instalan allí Batallones de Alta Montaña; y la insurgencia que también encuentra atractivo para sus intereses establecerse en estos ecosistemas, y las empresas de telecomunicaciones encuentran que la ubicación geostacionaria de los páramos – enormes elevaciones de hasta más de 5000 m son un lugar excepcional para la instalación de bases de comunicación

⁵³ VÉLEZ G. H. Los Páramos Y La Apropiación Humana De La Producción Primaria Neta.

satelital y rastreo; las empresas de acueducto han instalado en los páramos importantes represas para el suministro de agua a las ciudades de las vertientes, los valles y las sabanas interandinas, instalaciones que también se emplean como fuentes multipropósito para la generación de hidroelectricidad y para la agricultura. Muchos de los beneficios que se obtienen de los páramos son capitalizados por empresarios y habitantes de las ciudades, que internalizan los beneficios mientras externalizan los daños, ya sea en el mismo páramo o en otros ecosistemas donde son llevados los residuos, por ejemplo, las aguas servidas, que han atravesado la ciudad y se desplazan hacia donde encuentran menos resistencia física y social. Sin duda en esta manera de crear el paisaje se instalan inequidades interregionales y, en no pocos casos, inequidades intergeneracionales intrínsecas.

➤ **Incremento de Vulnerabilidad:**

El aumento de la carga sólida de las corrientes de agua aumenta el desgaste que ejercen sobre las construcciones humanas a las que afectan. También las cosechas se ven dañadas por el aumento de esta carga. Durante una inundación las tierras de cultivo o de vegetación natural pueden llegar a verse completamente cubiertas de sedimento lo cual daña a las plantas, transformando lo que podía ser un aporte natural de nutrientes en una capa de lodo y piedras que asfixia a la vegetación.

Con la eliminación de la cubierta vegetal hay un incremento en la erosión hídrica y la inestabilidad de las orillas, entendiéndose entonces que se produce: El deslizamiento, derrumbe o remoción en masa, como también se le llama, es un fenómeno topográfico en el cual, el material de la superficie de la corteza terrestre (suelo, rocas, arena, etc.) se desplaza de las partes altas, hasta las partes bajas de un cerro, movidos fundamentalmente por la fuerza de gravedad. Entre los deslizamientos, se dan los de movimiento rápido y los de movimiento lento. Los derrumbes rápidos, son aquellos que se dan en pendientes muy empinadas y donde no existe sobrecarga de agua, sino caída constante de rocas y residuos que se van acumulando sobre la pendiente y conforman un talud que luego, se desplomará. Otro derrumbe rápido, se da cuando una gran masa se desliza en segundos o minutos en forma discontinua. En estos derrumbes, se ubican: los desprendimientos, flujos de lodo y los hundimientos o desplomes.

➤ **Perdida potencial paisajístico.**

En cuanto al potencial paisajístico y al margen de sus virtudes ambientales, estos ecosistemas proporcionan parajes de gran calidad paisajística, aptos para el disfrute, poseen una gran belleza escénica y presentan condiciones climáticas particulares, por lo que son especialmente interesantes para el senderismo, el turismo de la naturaleza, la educación ambiental.

El turismo siempre es nombrado como una alternativa sustentable frente a las

actividades agrícolas, que genera ingreso y empleo en el páramo. Pero el mismo turismo tiene sus efectos negativos también. No todo turismo es ecoturismo y existen ejemplos supremamente dañinos como el “deporte” off-road en los páramos.

Otras actividades turísticas, más humildes, no siempre son tan sustentables como parecen. Actividades como caminatas, escaladas, camping, picnics, navegación sobre lagunas, etc., pueden tener efectos como contaminación del páramo con desechos, molestia a la fauna, destrucción de bosques por la necesidad de leña y hasta causar incendios. Claro que los carros y las motos tienen el mayor efecto destructivo, pero también la gente que usa el páramo para cabalgatas, bicicletas de montaña o inclusive para caminatas tiene que considerar que cada paso que hacen dejan su huella que no se quita durante buen rato.

9.7.2 ACTIVIDAD GANADERÍA:

El resultado de la evaluación de impacto ambiental para esta actividad arroja un valor de 4 grados de importancia sobre el sistema, lo que indica que esta actividad esta afectando adversamente al sistema, teniendo en cuenta que el mayor impacto que puede obtener una actividad empleando esta metodología es de 10, dadas las condiciones de área protegida bajo las cuales se esta el sector de análisis se considera esta calificación muy alta, y que esta ejerciendo impactos perjudiciales como se evidencia a en la matriz (Ver Anexo 2) a continuación se relaciona la sustentación de la misma.

Se podría pensar que los ecosistemas de alta montaña (Paramos), por su clima más húmedo, su cubierta de vegetación continua y su elevada productividad vegetal, comparada con otros ecosistemas similares pero a latitudes mas bajas como las regiones de puna por ejemplo, tendrían una elevada oferta de forraje y serían un lugar excelente para el pastoreo del ganado introducido por la colonización española. Sin embargo, la baja palatabilidad para el ganado vacuno y ovino de la vegetación natural dominante (principalmente rosetas gigantes, gramíneas en macolla con gran cantidad de necromasa, cojines y arbustos), y los requerimientos ecológicos de estos animales han limitado el espacio potencial de pastoreo, concentrándolo en pocos lugares de mayor capacidad de carga (MOLINILLO y MONASTERIO 2001).

En la región andina colombiana las actividades ganaderas ocupan todo tipo de terrenos y predios de tamaños que varían desde 1 ó 2 ha hasta más de 500 ha y son realizadas por empresarios agropecuarios de sistemas mixtos o exclusivamente ganaderos pero también por campesinos, indígenas y colonos⁵⁴.

Los sistemas de producción ganadera tienden a ser de lechería en las zonas de

⁵⁴ III Seminario Internacional Competitividad en Leche y Carne: Impacto Ambiental de la Ganadería de Leche y Alternativas de Solución en, www.e-campo.com.

altiplanos y altitudes entre 2.000 y 3.000 msnm; de doble propósito (carne y leche) en los climas medios (1.000 2.000 msnm) y páramos (>3.500 msnm); de cría para carne en las zonas más bajas (5001.000 msnm) y hay sistemas menores para engorde (ceba), búfalos, ganado de lidia, ovinos y caprinos (Murgueitio E. 2002). Para el sector objeto de análisis, esta actividad Fig. 12 se hace en combinación con la quema, con lo cual sus efectos adversos se suman lo que trae como consecuencia una degradación del sistema y una lenta recuperación, claro esta que esta practica es realizada para el auto consumo y el comercio local, no obstante los impactos ambientales se evidencian sobre el sistema.

Figura 13 Actividad ganadera Sector San Rafael, Parque Nacional Natural Puracé.



A continuación se hace una descripción detallada basada en referentes bibliográficos, de los impactos ambientales más significativos sobre el recurso suelo, e lo que respecta a los componentes flora, fauna y agua, se hace una descripción genérica de los efectos de esta práctica.

- **SUELO:**

- **Perdida de la Cobertura vegetal - Alteración del Horizonte A00**

En la transformación de los ecosistemas naturales existe una conexión directa e indirecta entre la ganadería y la tala y quema de bosques. La magnitud con que este proceso se ha realizado en estos orobiomas pone en peligro la estabilidad ecosistémica de los mismos. El impacto ambiental de estos sistemas fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de

ecosistemas degradados.

La pérdida de la cobertura vegetal expone a los suelos a la pérdida de los mismos, a la erosión por viento y agua y reduce el potencial para la producción de la vegetación. El resultado final es una disminución en la capacidad de carga.

➤ **Compactación del Suelo - Desequilibrio en Retención y regulación de Agua**

Una de las causas de la pérdida coberturas vegetales naturales y su reemplazo por pasturas, es indudablemente la degradación del suelo que se manifiesta en forma de compactaciones superficiales generadas por el pisoteo animal. Esta degradación física influye principalmente sobre la infiltración del agua de lluvia y sobre la exploración del perfil por parte del sistema radical. Si se parte un terrón de suelo fuertemente compactado, no es posible observar a simple vista grandes poros, fisuras o grietas y se considera que este efecto es provocado por el pasaje de las ruedas de un implemento, maquinaria o por el pisoteo animal en condiciones de elevada humedad.

El tenor de humedad que posee el suelo en el momento de efectuarse la compactación es fundamental. Se puede decir que se logra una densidad máxima a una determinada humedad del suelo (llamada humedad óptima) y que este valor representa la mayor compactación que puede llegar a tener ese suelo. Por otro lado, existe una relación estrecha entre la densidad aparente y la cohesión interna de los terrones (dureza) es decir, cuanto más denso más duro.

La compactación del suelo reduce el rendimiento de los cultivos debido a varias causas (AGUERO. ALVARADO 1983);

- Disminución del volumen del suelo a explotar por las raíces.
- Disminución del diámetro de los haces vasculares
- Impedimento a la emergencia de plántulas en el caso de costras superficiales.

El pastoreo del ganado en los páramos aumenta el endurecimiento de los suelos y la permeabilidad de los mismos, haciéndolos cada vez más impermeables, con lo cual se altera el ciclo normal de las aguas, que naturalmente fluyen a través de ellos hacia la zona de recarga hídrica, que más abajo va a alimentar los nacimientos de las quebradas. Al aumentar la impermeabilidad de los suelos, las aguas no fluyen y continúan hacia abajo como escorrentías o se evaporan disminuyendo la oferta de las mismas en las localidades ubicadas a menores altitudes (Guevara & Soto1999).

➤ **Incremento de la Temperatura del Suelo – Volatilización y Pérdida de Nutrientes**

Al desaparecer una gran parte de la vegetación, el suelo pierde su capa aislante y así en la noche las temperaturas a nivel del suelo son más bajas y en el día más altas. La temperatura también alcanza mayores valores gracias al color negro de

las partes carbonizadas, que absorben mejor el calor del sol. Las temperaturas más altas tienen como consecuencia que la descomposición aumenta y con esto desaparece el mantillo y los restos vegetales que quedan después de la quema. Gracias a esto, unos meses después de una quema, el suelo entre la paja en regeneración sí está casi totalmente descubierto, aunque directamente después de la quema todavía estaba cubierto. En el suelo descubierto y con mayores temperaturas existe una mayor evaporación y el suelo tiende a secarse un poco (HOFSTEDE 1995).

La descomposición de materia orgánica también se ve afectada, esta en el páramo es muy baja, a causa de las bajas temperaturas y la alta humedad. Por esto, en situaciones con poca intervención humana siempre se encuentra un suelo humífero, de color negro. En páramos sobre suelos formados en cenizas volcánicas este fenómeno es aún más pronunciado, porque los minerales en la ceniza forman complejos muy fuertes con materia orgánica. Estos complejos inhiben la descomposición de la materia orgánica. La gran cantidad de materia orgánica puede adsorber agua por una suave carga eléctrica y por esto los suelos humíferos tienen una gran capacidad de retención de agua.

Aunque el suelo es bastante estable y es importante para su función de retenedor de materia orgánica, de agua y de nutrientes, se degrada fácilmente cuando se seca. Al secarse, los suelos de páramo pierden la conexión entre partículas minerales y orgánicas, de esta manera la materia orgánica está disponible para descomposición, su contenido en el suelo disminuye y los suelos se transforman de retenedores de agua en repelentes de agua (hidrofobia). Además, se libera de una vez parte de los nutrientes inmovilizados, que pueden ser aprovechadas durante poco tiempo o lavarse. La presencia una capa de plantas constantemente húmeda es importante para mantener una buena retención de agua durante las épocas secas. Cuando se quita la vegetación, el suelo está dispuesto a secarse por la aumentada evaporación y además está expuesta a erosión directa (HOFSTEDE 1995, PODWOJEWski & POULENARD 2000).

➤ **Alteraciones en relación Suelo-Planta - Alteración en la Capacidad Productora.**

Los factores que afectan el desarrollo de las plantas son: la profundidad radicular y su función como soporte de la planta, drenaje, aireación, humedad, temperatura, nutrientes esenciales (macronutrientes: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg y S, y micronutrientes: Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl y Fe), pH las características físicas estables.

El cambio o intercambio iónico es el proceso reversible por el cual son intercambiados los cationes y los aniones principalmente entre las fases líquidas y sólidas. Se considera que el intercambio catiónico es más importante en el suelo.

Con el desarrollo de esta actividad se afecta el suelo de manera que impide que prosperen las plantas, de otro lado se está afectando el desarrollo normal de las que alcanzan a emerger bajo estas condiciones, en este sentido se tiene que el sistema radicular de la mayoría de las plantas penetra en el suelo tanto para

anclarlos como para extraer nutrientes y agua. Aunque la mayoría de las raíces se desarrolla en los primeros 15cm de profundidad del suelo (FITZ-PATRIC. 1996) algunas pueden alcanzar hasta 4 m, por lo tanto el grosor de suelo disponible para la penetración de las raíces es de vital importancia, factor que se ve afectado con esta practica.

➤ **Alteración de características físicas, químicas y Biológicas.**

Las alteraciones en las propiedades del suelo en este caso se deben en gran parte a los asociados con la desaparición de las coberturas vegetales, a la compactación (SADEGHIAN, RIVERA, GÓMEZ.), a las quemas y en menor grado al uso de agroquímicos para el mantenimiento de los pastos, en este sentido tomando la recopilación de estas alteraciones del un documento de la FAO

Lal R (1996), determinó los efectos de la deforestación, la labranza de "post desmonte" y sistemas de cultivos sobre las propiedades del suelo, durante 1978 a 1987 en sur oeste Nigeriano. Los resultados mostraron que la deforestación y los cambios en el uso del suelo causan cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo, los cuales habían sido extremadamente favorables bajo el sistema boscoso antes de la tala. La densidad aparente y la resistencia a la penetración como indicadores de la compactación se incrementaron significativamente y con ello la infiltración se vio reducida debido al pisoteo del ganado (3 cabezas por hectárea).

Pinzón, A. y Amézquita, E (1991) midieron los cambios de las propiedades del suelo, como resultado de su compactación por el pisoteo de animales en pasturas del piedemonte de Caquetá (Colombia). Los resultados de esta investigación revelaron que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas de los suelos del piedemonte amazónico. Sin embargo la intensidad de estos cambios depende de la zona y la especie cultivada, siendo más drástico en suelos con guadilla (*Homolepis aturensis*) que pasturas de *B. decumbens* y más en áreas de lomerío (altura pequeña en el terreno) y de terrazas que en las vegas. La compactación fue mayor en los primeros 15 cm, ocasionando una severa disminución en la porosidad y cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire que afectan el desarrollo de las raíces de las plantas y su productividad. Con relación a la estructura, se encontró una pérdida de esta característica por pisoteo.

Sánchez, P. et. al. (1989) evaluaron diferentes niveles de pisoteo (0; 3.3; 6.6 y 8.3 animales/ha/año) sobre las características del suelo. En este experimento ellos utilizaron rotaciones de 3 potreros, para un tiempo total de 42 días (14 días/potrero), con animales de 2 años de edad, pardo suizo X cebú, cuyo peso inicial era de 180 kg. Los resultados mostraron que la densidad aparente, como indicador de la compactación mostró valores más bajos a medida en que se disminuía el número de animales. El pisoteo redujo la porosidad total, teniendo mayores efectos sobre la macroporosidad. La biomasa de lombrices mostró una correlación negativa con respecto a la densidad aparente.

El pisoteo, la defoliación y el retorno de nutrientes por los animales pueden considerarse en términos generales como los principales efectos causados en el ecosistema de pastizales por el pastoreo. En cuanto al reciclaje de nutrientes se refiere, son evidentes los efectos en la transferencia de nutrientes vegetales en los potreros debido a los productos excretados por los animales en potreros. La mayor parte de estos nutrientes se retorna al pastizal en forma de heces y orina, cuya cantidad es considerable. Las excretas contienen los nutrientes necesarios para las plantas y en las proporciones deseadas aproximadamente. Sin embargo esos nutrientes no pueden estar todos inmediatamente disponibles para las raíces de las plantas. La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente. Teóricamente, los mismos nutrientes pueden ser usados varias veces por las plantas y animales en un período corto, mientras que puede tomar un año o más el crecimiento normal de la planta para descomponer y liberar nutrientes para la utilización por otras plantas (HILDER citado por FUNES,1975). El agotamiento de las reservas por debajo de un nivel crítico puede ocasionar la muerte de la planta y, por consiguiente, la cubierta basal en los pastizales sujetos a sobrepastoreo, lo que usualmente va asociado con el incremento de especies de gramíneas indeseables y malezas y también con la erosión y deterioro del suelo (WEINMANN citado por FUNES ,1975).

➤ **Incremento Susceptibilidad A la Erosión**

Cuando se quita la vegetación, el suelo está dispuesto a secarse por el incremento en la evaporación y además queda expuesto a la erosión directa. El efecto del pastoreo sobre el suelo de un lado es indirecto; por el daño que causa a la vegetación tiende a desaparecer la capa vegetal, tan importante para la protección del suelo, pero también hay un efecto directo: el pisoteo que compacta el suelo. La compactación está causada por el peso de los animales, ya que el suelo del páramo, por su alto contenido de materia orgánica, es suelto y suave, y se deja compactar fácilmente. En un suelo más compacto hay menos espacio para agua, pero también pierde su capacidad de infiltración. Así, el ganado tiene un efecto indirecto sobre la hidrología: en áreas pastoreadas existe algo menos de capacidad de retención de agua, mientras que durante los aguaceros hay una posibilidad más alta de escorrentía superficial y erosión (HOFSTEDE 1995).

• **VEGETACION**

Las actividades de ganadería o pastoreo en el páramo pueden considerarse como un disturbio continuo y altamente complejo, que tiene impactos directos e indirectos en las comunidades de plantas y animales. Los indicadores de

afectación dentro de la matriz que se elaboro para esta actividad y en ese componente del sistema son muy similares a los identificados en la actividad de agricultura debido que las practicas que se realizan antes de la implantación de esta practica son muy similares. Lo que a continuación se relaciona son algunos de sus efectos de esta actividad a nivel macro.

En este sentido los efectos directos del pastoreo incluyen: daño selectivo a plantas individuales por herbivoría (defoliación) y pisoteo, y alteraciones en la movilización de nutrientes (remoción por defoliación y retorno a través de excrementos y orina). La defoliación y el pisoteo alteran el balance competitivo entre las especies pastoreadas con respecto a las otras especies y cambian las oportunidades para el establecimiento de nuevas plantas (VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M 2002). El aspecto indirecto más importante del pastoreo y el más ampliamente reportado es su poderoso efecto para cambiar la composición y estructura de las comunidades, además de causar perturbación de los procesos del suelo y del agua que tienen consecuencias en la disponibilidad de recursos (LANDSBERG et al. 1999, MOLINILLO 1992, MATUS & TÓTHMÉRÉZ 1990, LEEGE et al. 1981).

El mayor efecto del ganado en los individuos de las especies no se debe tanto a que se coman las plantas hasta su extinción, sino más bien a la modificación de las habilidades competitivas o del éxito de reclutamiento de propágulos de una especie con respecto a otra (LANDSBERG et al. 1999). Al causar los disturbios pérdida del dosel de la vegetación, mortalidad diferencial de especies y de clases de edades en algunas poblaciones, se generan dinámicas en la vegetación que se evidencian en cambios estructurales de la comunidad, tanto en su estructura vertical, como en la horizontal (PICKETT et al. 1995, PREMAUER 1999 Citado por VARGAS, PREMAUER, ZALAMEA. 2002). En general, se ha encontrado que la biomasa aérea total de las comunidades vegetales disminuye en un 60-66% en localidades con alta presión de pastoreo. De igual forma la necromasa en pie, que en condiciones naturales constituye el 70-80% de la biomasa aérea total, pasa a representar un porcentaje muy bajo. Para páramos secos (HOSFSTEDE 1995) y húmedos (PREMAUER 1999) se reporta la disminución de la biomasa aérea y el incremento en la relación biomasa asimilatoria / necromasa. En páramos venezolanos (MOLINILLO & MONASTERIO 1997)

también reportan disminución de biomasa aérea. Posiblemente este fenómeno esté relacionado con la retroalimentación positiva del ganado al preferir sitios ya pastoreados y de esta forma no permitir la acumulación de necromasa (HOFSTEDE et al. 1995, HOBBS & HUENECKE 1992). En consecuencia, al aumentar el pastoreo disminuye la altura total, la diversidad de estratos y el biovolumen total (asimilatorio + necromasa). La proporción de biovolumen de necromasa y diversidad (H') de los estratos verticales disminuyen con el incremento en el grado de disturbio, con lo cual se presenta un predominio cada vez mayor del estrato rasante (0 – 5 cm de altura) (PREMAUER 1999)

- **AGUA**

La vegetación de los márgenes de los cursos de agua es eliminada, generalmente, en ella se encuentra gran acumulación de suelos y minerales de acarreo (nutrientes) que, junto con la abundancia de agua, facilitan el desenvolvimiento y su dispersión.

Esta vegetación es de gran importancia ecológica para los cursos de agua en lo que se refiere a la protección de los lechos contra la erosión, el mantenimiento del microclima estable, la producción de alimentos y el amparo a los organismos acuáticos y terrestres. Existe, de esa forma, una interrelación constante entre el ambiente físico (aguas, suelos, rocas, temperatura, luminosidad, etc) y biológico (organismos vegetales, animales, hongos y otros). Se forma entonces un ciclo que se inicia con el afloramiento del agua que, por su parte, al recorrer el sustrato, "lava" las sales minerales que son absorbidas por las raíces, que a su vez ayudan a fijar los suelos de las márgenes lo que dificulta la acción de la erosión.

En esa condición natural el agua es normalmente limpia y no tiene muchos sedimentos, que son resultado de la erosión durante las lluvias. El agua presenta un color ligeramente amarillo por recibir hojas, gajos y otros residuos forestales en abundancia. Además de las propias algas que se desarrollan en el lugar, hay frutos, hojas y una gran cantidad de animales minúsculos (gusanos, crustáceos y larvas de insectos), que sirven de alimento para los peces.

- **FAUNA**

Las actividades antrópicas analizadas afectan en forma particular a algunos grupos de fauna. En general la agricultura, la fumigación de cultivos ilícitos, las quemas y la construcción de embalses afectan al 50 % o más de las especies presentes de todos los grupos (LÓPEZ A. 2002).

Estas actividades encierran una destrucción de hábitat para los diferentes grupos, que conlleva destrucción de refugios, nidadas y alimento por otra parte, obras de infraestructura asociadas a los embalses como carreteras o zonas de depósito de residuos de construcción pueden ejercer un mayor impacto.

La cacería y la ganadería afectan principalmente a especies de aves y mamíferos, siendo mayor el porcentaje de estos últimos. Los mamíferos son piezas muy valoradas por los cazadores al igual que algunas aves; por otro lado, algunos mamíferos como el oso de anteojos o el puma pueden competir con el hombre por recursos como el ganado y algunos cultivos (CASTELLANOS 1998, OJASTI 2000).

La introducción de especies y el turismo impactan negativamente a la totalidad de las especies de reptiles y a la mayoría de los mamíferos). Además de las especies de vacunos, ovinos y caballares que están presentes en los páramos por las actividades de ganadería, otras especies domésticas han hecho su ingreso a la estructura ecológica de este ecosistema (perros y gatos). Estos han sido llevados

durante los procesos de construcción de infraestructura, por ejemplo, embalses o represas y luego son abandonados o simplemente escapan o se pierden en el páramo. También es común que los campesinos y habitantes en el páramo o zonas cercanas posean perros guardianes, de caza o como mascotas; esto último, aplicable también a los gatos domésticos. Una vez adaptados a condiciones de libertad los perros forman jaurías que cazan especies de fauna silvestre (mamíferos y reptiles principalmente) e incluso llegan a merodear y a enfrentarse a grupos de visitantes o trabajadores en los páramos.

9. 7. 3 ACTIVIDAD QUEMA

Las quemas que ocurren en el páramo destruyen casi totalmente la fitomasa epígea (biomasa + necromasa); sólo pequeñas plantas rasantes no son quemadas dependiendo de la severidad e intensidad del fuego (VARGAS 2000, RODRÍGUEZ & VARGAS 2002 Citado por VARGAS). Este mecanismo es usado como mecanismo de adecuación rápida y económica de con coberturas vegetales naturales a áreas para cultivos y pastoreo. Esta practica produce consecuencias tales como la degradación del suelo resultado de la destrucción del material orgánico que es incinerado, también sus efectos en los otros componentes no son menos adversos, en este sentido el resultado de la evaluación de impacto ambiental de esta practica (Ver anexo3) arrojo una calificación de 3.25 valores de importancia, la sustentación genérica de esta actividad se relaciona a continuación.

Esta práctica en el sector se realiza para "limpiar⁵⁵" el terreno antes de iniciar cualquier actividad (Fig. 14), sea para el pastoreo o para la agricultura, también se suelen presentar quemas por descuidos de personas que visitan estos lugares con fines recreativos y dejan fogatas, esto suele ocurrir mucho en épocas secas.

⁵⁵ Este término es usado por los habitantes del sector como sinónimo de desmonte.

Figura 14 La quema en el área de Amortiguación, límites con el Sector San Rafael del parque Nacional Natural Puracé.



El uso del fuego sobre los pajonales se transformó en una herramienta para mejorar la palatabilidad y accesibilidad del forraje (GRUBB 1970, WILLIAMSON *et al.* 1986 Citado por: MOLINILLO, MONASTERIO 2002). Asimismo, el fuego favorece el establecimiento o la expansión de formas de vegetación que podrían ser aprovechadas directamente, como los céspedes, con forrajes más productivos y de mejor calidad bromatológica (RAMÍREZ *et al.* 1996 Citado por MOLINILLO, MONASTERIO. 2002). La quema de pajonales para el posterior pastoreo se volvió una práctica común en páramos húmedos, siendo actualmente la actividad directa que más superficie afecta⁵⁶. En la actualidad su frecuencia varía en páramos en Colombia desde varios eventos en una década hasta uno en 30 años o más. A pesar del efecto de aumentar a corto plazo la disponibilidad de forraje, altas frecuencias de fuego pueden provocar resultados inversos a los esperados en la oferta forrajera (VERWEIJ 1995) por lo general el uso del fuego se relaciona a determinados tipos de pastizales, cantidad de biomasa disponible, frecuencia de pastoreo y grado de accesibilidad de la zona (VELÁZQUEZ 1992, VERWEIJ 1995).

Entre los impactos producidos por el fuego en páramos algunos autores proponen: La expansión del pajonal más allá de los límites naturales y la homogeneización del paisaje hacia un pajonal uniforme en fuegos extensos pero aislados (LAEGAARD 1992, HOFSTEDE 2001), la disminución y desaparición de arbustos y remanentes de bosques (LAEGAARD 1992), la disminución de frailejones y la formación de mosaicos de pastos y pajonales en fuegos recurrentes (VERWEIJ y BUDDE 1992, VERWEIJ 1995).

Las quemadas por lo general se hacen en temporada seca y son de tal magnitud que elimina totalmente la cubierta vegetal, el suelo queda prácticamente desnudo y sujeto a sequedad, posteriormente viene al época de lluvia y luego el pisoteo de ganado vacuno, en este sentido la erosión es el principal problema que se puede

⁵⁶ MOLINILLO M. MONASTERIO M, Patrones de Vegetación y Pastoreo en Ambientes de Páramo. En ECOTROPICOS Sociedad Venezolana de Ecología 15(1):19-34 2002

evaluar a escala geomorfológica, por lo general todas las áreas de alta montaña son tierras de escurrimiento de suelo, en consecuencia subsidian a las que están mas abajo por el transporte de materiales. Al alterarse estos orobiomas se altera el arrastre de materiales pues no hay posibilidades de depositación in situ degradando cada vez mas la calidad del sustrato y acelerando el proceso de terrización de turberas, pantanos y lagunas. También es importante mencionar las altas fluctuaciones de temperatura que pueden descender por debajo de 0° en la noche y en el día alcanzar hasta 50° en la superficie del suelo, estas diferencias tan marcadas producen procesos de sulfuxión por el congelamiento del suelo lo cual hace mas viable la erosión hídrica con el aumento de la escorrentía superficial (VARGAS. 1996).

En lo que tiene que ver con el componente vegetación (VARGAS. 1996) en su documento Impacto del Fuego y Pastoreo Sobre el Medio Ambiente Páramo, afirma que los procesos sucesionales de la vegetación se detienen, en primera medida por la quema, inicialmente por el efecto de las quemas recurrentes, y posteriormente por el pastoreo, así como por la mortalidad de algunas clases o tamaños de estructura demográfica de las especies dominantes. La degradación total de los bancos de semilla y la mortalidad de plántulas juveniles.

8.8 Modelos Fenomenológicos

El modelamiento ecosistémico se realizo empleando la simbología ya referida en el marco teórico, para este caso se elaboro un modelo inicial del supuesto estado cero de este orobioma en particular (T – O) Fig. 15, en el cual las interacciones entre sus componentes tienen un flujo normal, sin la influencia de tensiones de tipo antrópico, en este esquema se identifican los diferentes tipos fisonómicos identificados de vegetación como productores presentes en los páramo, también se simboliza adicionalmente y como una particularidad para el sistema un almacenaje de nutrientes y agua que son las turberas, por sus características de reservorios de agua y nutrientes estas desempeñan diferentes funciones como control de inundaciones, ya que actúan como esponjas de almacenamiento y liberando lentamente el agua de lluvia, recargando y descantando acuíferos, controlando erosión y reteniendo los sedimentos.

Posteriormente se diseñan modelos haciendo énfasis en cada uno de los componentes del sistema (Suelo, vegetación, fauna, agua y el componente social) y su grado de afectación con las actividades antrópicas, en tal sentido se establecen de modo general como fuentes de los diferentes tensores las actividades identificadas y caracterizadas para el sector (cultivos, ganadería y quema), y su influencia sobre los componentes del sistema.

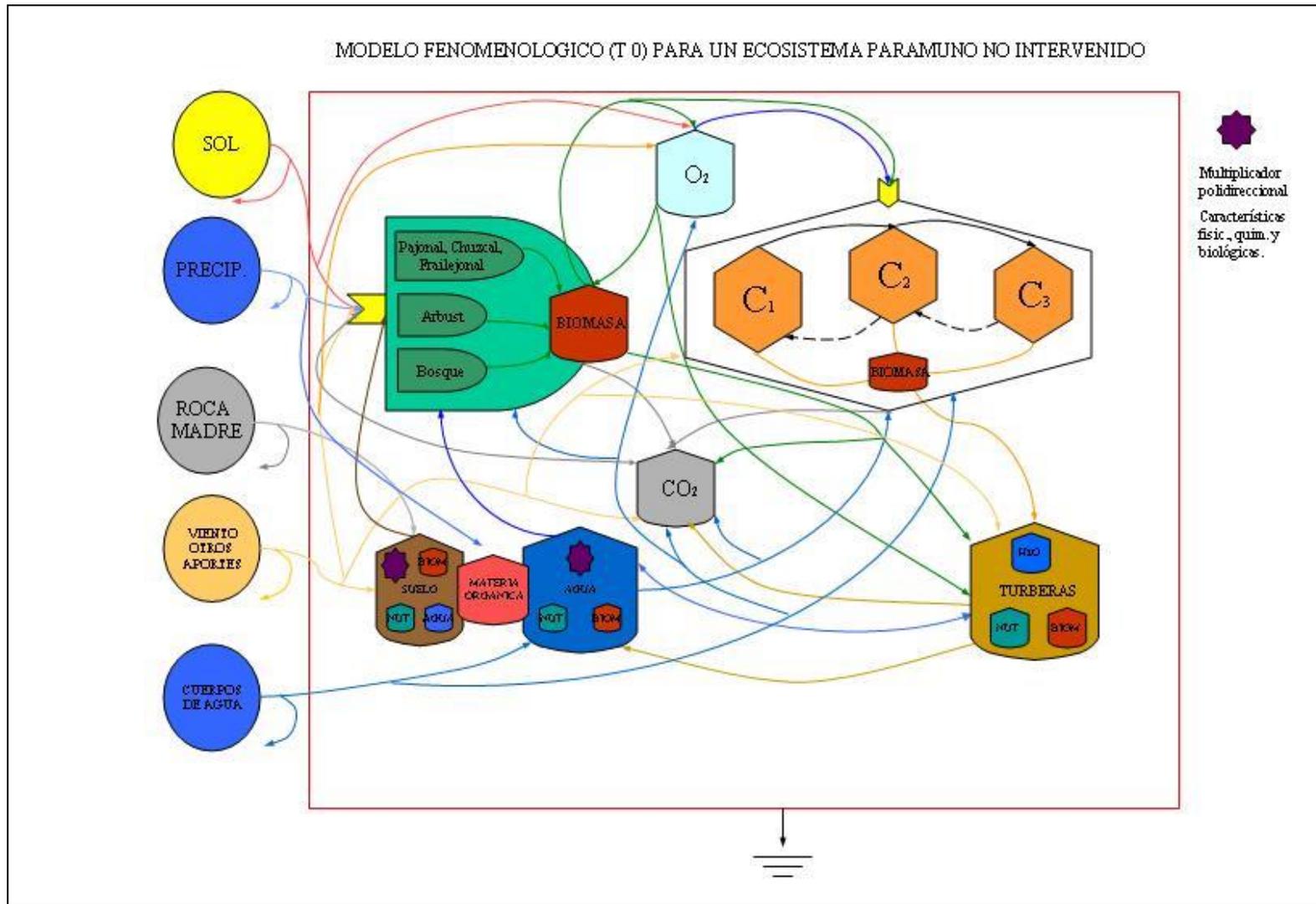


Figura 15 Modelo Fenomenológico del páramo sin intervención

➤ Modelo Tensores Suelo:

Sobre este componente se identificaron las tensiones más sobresalientes tomadas de las matrices de elaboradas para cada una de las actividades, donde se encuentra los siguientes tensores (Fig 16):

T1: Eliminación de la cubierta Vegetal

T2: Alteración de Horizontes del Suelo

T3: Compactación

T4 Incremento de la Temperatura del Suelo – Volatilización y Perdida de Nutrientes

T5: Perdida de la Capacidad de Retención de Agua

T6: Alteración características Físicas, Químicas y Biológicas

T7: Erosión

La relación de estas tensiones producto de las diferentes actividades antrópicas es directa sobre el suelo, sin embargo hay algunas que influyen también en primer grado a otros componentes del sistema, como por ejemplo la perdida de la cubierta vegetal, incide en las diferentes alteraciones del suelo con los otros componentes, después de la intervención se representan en el modelo como líneas punteadas, para indicar que el flujo de energía ha sido alterado, producto de actividades antrópicas, para este caso. En este modelo se muestra como las diferentes actividades que se ejecutan en el sector afectan adversamente el componente (Suelo), y como afecta indirectamente los demás componentes del sistema.

MODELO FENOMENOLOGICO PARA UNES COSISTEMAS PARAMUNO – TENSORES SUELO

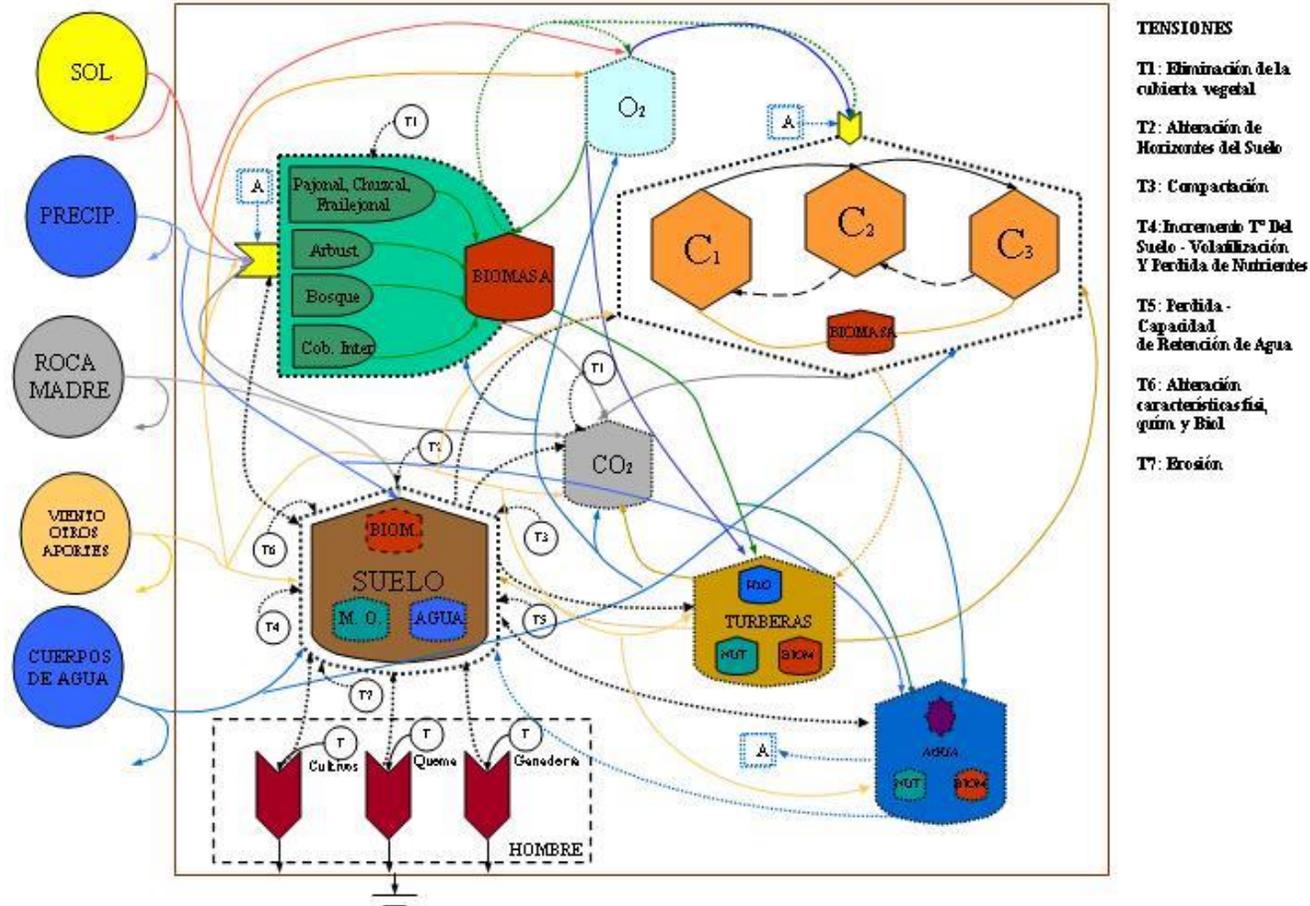


Figura 16 Modelo fenomenológico Tensores – Suelo

➤ Modelo Tensores Vegetación.

Las diferentes actividades antrópicas actúan adversamente sobre este componente, donde se encuentra que las coberturas vegetales naturales se ven afectadas en área, como no lo demuestra el análisis multitemporal realizado a partir de las imágenes satelitales y fotografías aéreas, el lapso de tiempo para este estudio fue de 10 años para las escenas satelitales y 8 años para las aerofotografías, se encuentra que la vegetación boscosa ha sido reemplazada por vegetación abierta, también hay un aumento en las coberturas intervenidas. En el modelo Fig. 16 se hacen las siguientes representaciones: La pérdida de las diferentes coberturas vegetales naturales se esquematizan como un símbolo punteado que indica como disminuyeron estas, también se incluye un nuevo tipo de cobertura dentro de ese gran símbolo productor que son las coberturas vegetales intervenidas, se trabaja para la representación de los productores en estos modelos con tipos fisonómicos, los mismos que fueron empleados para la clasificación de las coberturas vegetales a partir de ortofotomapas. La cuantificación de las pérdidas de las coberturas se encuentran en lo correspondiente al análisis multitemporal a partir de aerofotografías

Los flujos de energía entre los diferentes componentes se ven afectados por la acción de estos tensores, el modelo muestra claramente la acción de estas perturbaciones antrópicas sobre la vegetación y también como el flujo alterado este componente afecta a los demás, suelo, fauna e hídrico, la relación y el grado de afectación entre los demás componentes se expresan con detalle en las matrices.

Las diferentes tensiones identificadas sobre este componente son:

- T1 Pérdida de la cobertura Vegetal
- T2. Fragmentación
- T3: Pérdida de Hábitat y Nichos
- T4: Extinción Local de Especies – Aparición de Especies Exóticas:
- T5: Alteración de la Biodiversidad
- T6: Alteraciones Microclimáticas
- T7: Alteración en Procesos Sucesionales

MODELO FENOMENOLOGICO PARA UN ECOSISTEMAS PARAMUNO - TENSORES VEGETACIÓN

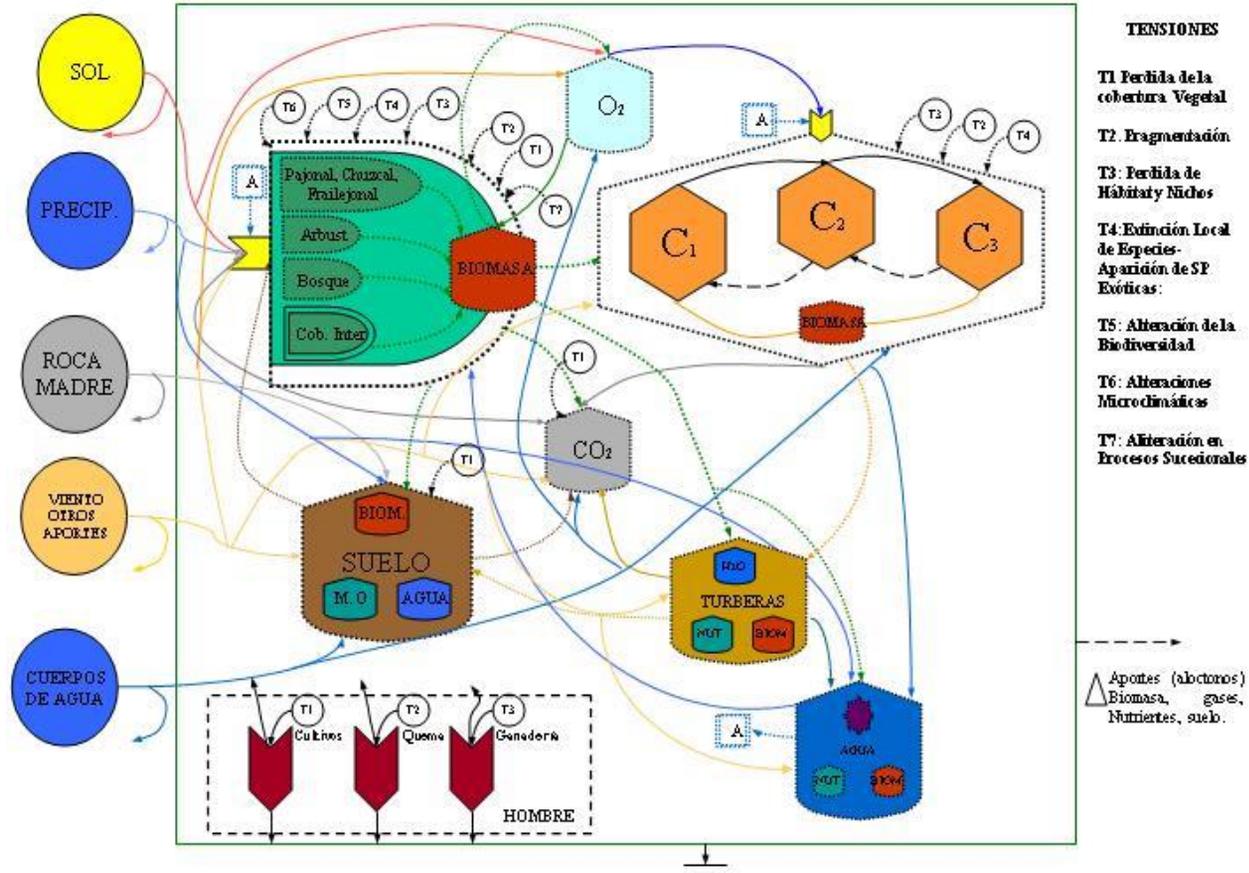


Figura 17 Modelo fenomenológico Tensores - Vegetación

➤ Modelo Tensores Agua.

Los páramos son ecosistemas estratégicos, debido a su gran poder de captación y regulación de agua. En ellos se generan y nacen gran parte de las fuentes de agua. Prestan servicios ambientales muy importantes para las comunidades rurales y urbanas, siendo el más sobresaliente su papel en la producción y regulación hídrica. Desafortunadamente, la presión demográfica, la expansión de las actividades agropecuarias y el calentamiento global, representan una amenaza al mantenimiento de estos servicios ambientales y a la conservación de la biodiversidad de los mismos.

El modelo de flujo de energía (Fig.17) para este componente, demuestra como la tensión sobre el suelo y la vegetación inciden en la calidad y cantidad del agua, al eliminar la cobertura vegetal y someter al suelo a diferentes usos antrópicos (cultivos, ganadería) este se degrada fácilmente cuando se seca. Al secarse, los suelos de páramo pierden la conexión entre partículas minerales y orgánicas, su contenido en el suelo disminuye y los suelos se transforman de retenedores de agua en repelentes de agua (hidrofobia).

Los tensores identificados son:

T1 Aumento de la Sedimentación

T2. Alteración de Características Físicas Químicas y Biológicas.

T3: Alteración Zonas Ecotonaes

T4: Variaciones En la Estructura de las Comunidades

T5: Disminución del nivel freático

MODELO FENOMENOLOGICO DE UN ECOSISTEMAS PARAMUNO - TENSORES AGUA

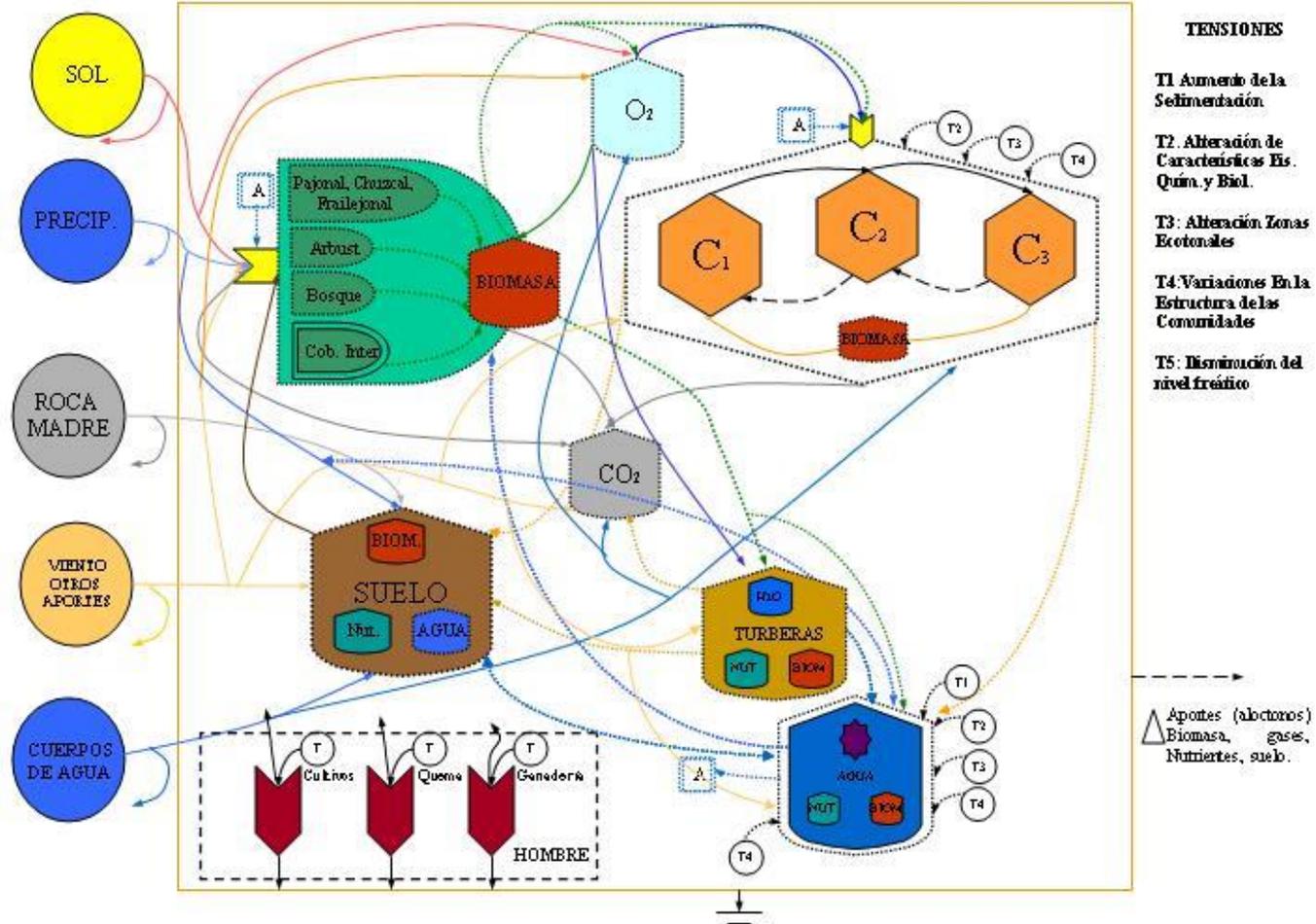


Figura 18 Modelo fenomenológico tensores - Agua

➤ Modelo Tensores Fauna.

Las actividades humanas analizadas afectan a los diferentes grupos de fauna. En general la agricultura, las quemas y la ganadera afectan indiscriminadamente los diferentes grupos de fauna. Estas actividades encierran una destrucción de hábitat para los diferentes grupos, que conlleva destrucción de refugios, nidadas y alimento. La introducción de especies animales y vegetales impacta negativamente a la totalidad de las especies de del páramo.

El flujo de energía (Fig. 19) para la fauna nos muestra que se esta afectando por la directamente por las tensiones ejercidas en el suelo, agua y la vegetación, que se expresan como perdida y fragmentación de hábitat y las diferentes alteraciones de las características del suelo y el agua; los tensores que lo afectan son:

T1 Perdida de hábitat

T2. Extinción local de Especies

T3: Modificación y solapamiento de nichos.

T4: Migración de Especies

T5: Introducción de Especies

T6: Alteración fauna autóctona.

T7: Modificación de las estructuras de las comunidades

MODELO FENOMENOLOGICO DE UN ECOSISTEMAS PARAMUNO - TENSORES FAUNA

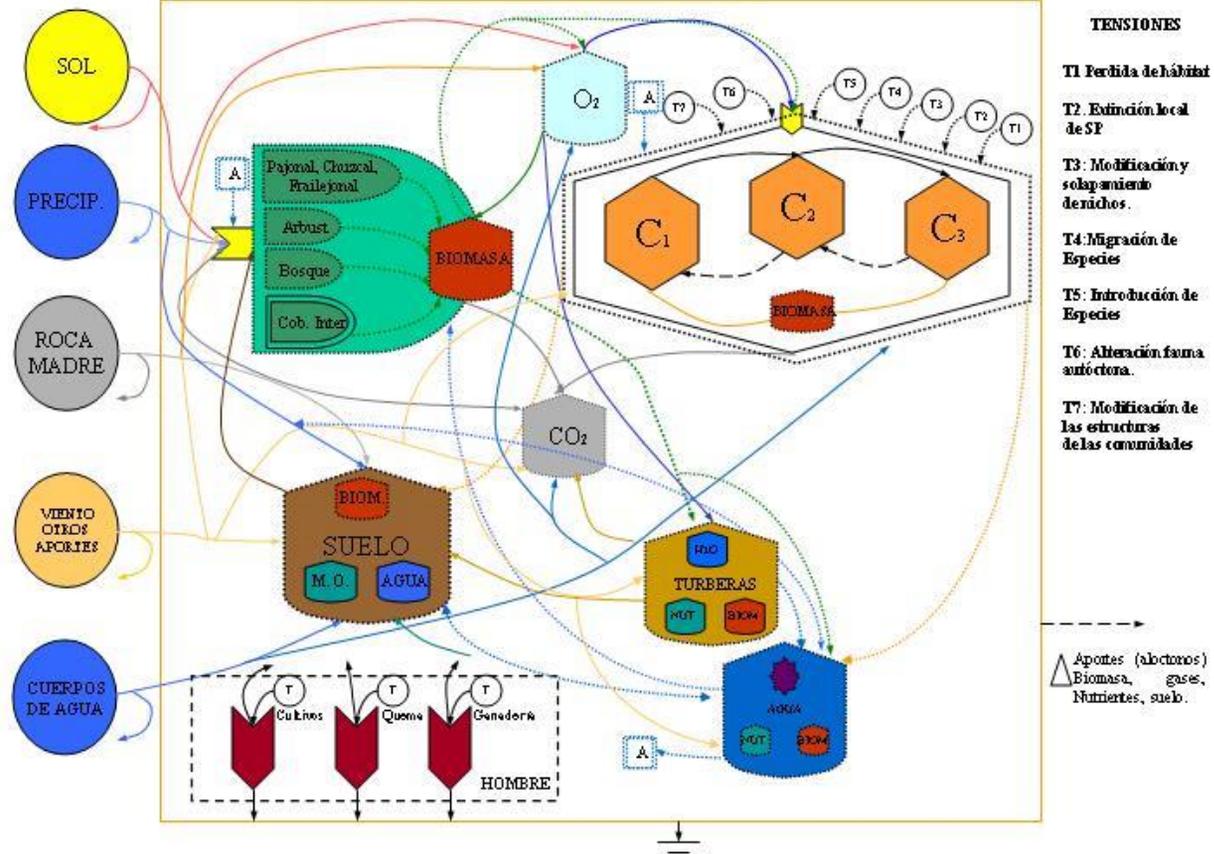


Figura 19 Modelo fenomenológico tensores - Fauna

➤ Modelo Tensores Componente Social.

Siendo el hombre el factor que desencadena los diferentes impactos sobre el ecosistema, se puede ver afectado por las alteraciones en los componentes del sistema, a los diversos flujos del sistema ahora se le suma otro consumidor – transformador Fig. 20 que realiza unas salidas de energía del sistema en forma de productos, estas transacciones para el sector se realizan localmente y el resto de la producción es para el autoconsumo. En términos generales la manera como las actividades mencionadas afectan directamente a los habitantes del sector, se ve reflejada en la pérdida de la fertilidad del suelo por las prácticas agrícolas, que pese a que son para el auto consumo y comercio local, inciden en la degradación de este ecosistemas, además de esto se está perdiendo el potencial paisajístico para el sector, y convirtiéndose en un mosaico de pastos y polígonos de pequeños cultivos.

Los tensores identificados son:

- T1: Ocupación humana.
- T2: Aumento de actividades económicas.
- T3: Incremento uso recursos.
- T4: Salud.
- T5: Incremento de Vulnerabilidad.
- T6: Pérdida de potencial paisajístico.

MODELO FENOMENOLÓGICO DE UN ECOSISTEMAS PARAMUNO- TENSORES SOCIAL

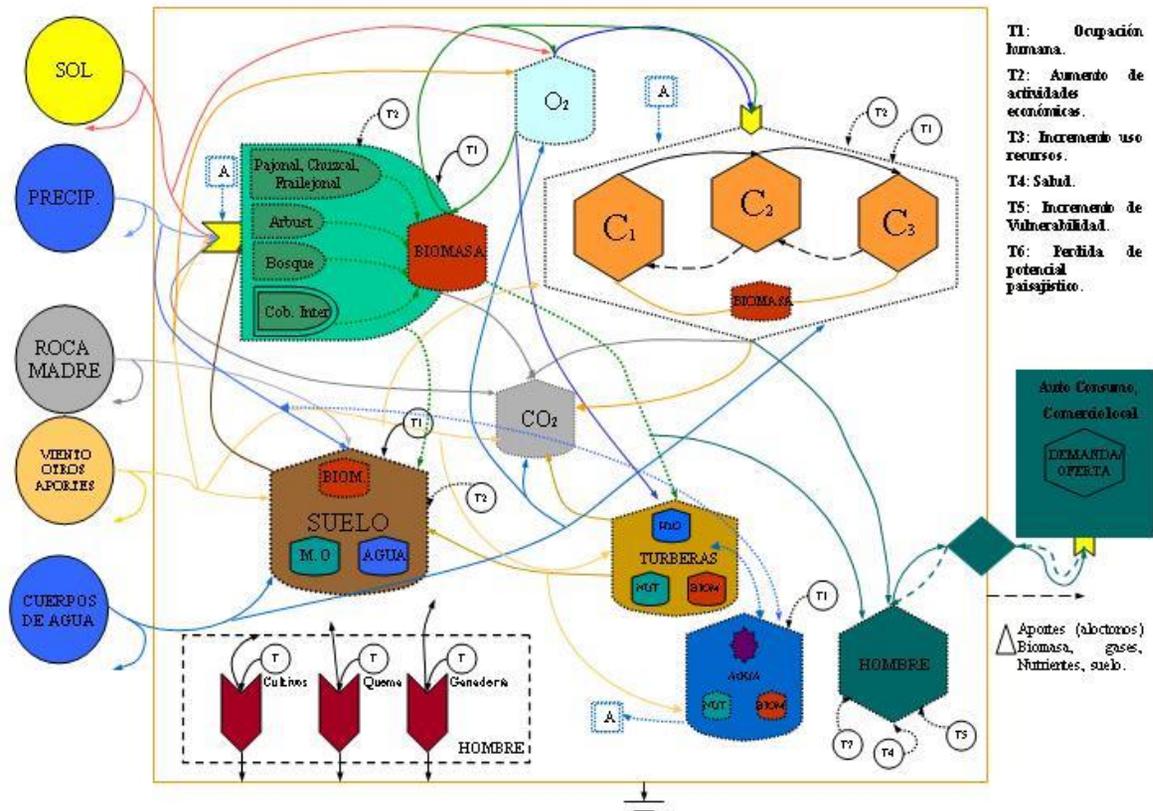


Figura 20 Modelo fenomenológico tensores - Social

9.9 Análisis Multitemporal

Para el Cambio multitemporal de áreas se empleo el indicador “Cambio multitemporal en Áreas de Paramos, Bosques, Sabanas, Agorecosistemas y humedales” (SIAC 2002), Este indicador estima los cambios en área (pérdida o ganancia), ocurridos en coberturas vegetales (bosques, páramos, sabanas, agroecosistemas y humedales), en un período determinado.

El indicador señala la expresión territorial de las presiones naturales y antrópicas que inciden en el tamaño de las coberturas naturales, como soporte para la toma de decisiones en general. En este sentido, el indicador brinda información sobre las tendencias de cambio de uso de los suelos y de la pérdida o ganancia de opciones para el desarrollo sostenible. La magnitud del cambio en las coberturas se expresa tanto en hectáreas (número de hectáreas de las coberturas analizadas que se transformaron en el lapso considerado), como en porcentaje de cambio de la respectiva cobertura, con relación a su extensión en el año inicial de referencia.

Fórmula del indicador

El cambio en las áreas de cada una de las coberturas analizadas corresponde a la diferencia entre las áreas del año inicial de referencia y del año final. La proporción de cambio se calcula como el porcentaje del área de cambio con respecto al área inicial. El cambio medio anual se estima como promedio aritmético simple:

$$A = A_2 - A_1$$

$$\text{Porcentaje de cambio} = (A_2 - A_1) / A_1 \times 100$$

$$\text{Cambio medio anual} = (A_2 - A_1) / T_2 - T_1$$

Donde:

DA = Cambio en la superficie de la cobertura de los ecosistemas analizados

A1 = Superficie total de la cobertura analizada para el año en referencia

A2 = Superficie total de la cobertura analizada en el año de cambio

T1 = Tiempo inicial o de referencia

T2 = Tiempo final o de cambio

Si es negativo (-), hay una pérdida o disminución en la superficie de la cobertura analizada en el lapso considerado.

Si es positivo existe una ganancia o incremento en la superficie de la cobertura analizada en el lapso considerado.

➤ Análisis Multitemporal Imágenes Satelitales

Frente a la comparación vectorial realizada desde clasificación supervisada y visual de la composición en color RGB-543 de imágenes Landsat y que brindó gran confiabilidad por técnica usada y por la comprobación y georreferenciación en campo, como resultado de este proceso de detección de cambios se obtuvo una

reducción considerable en los bosques, humedales, y un aumento significativo en las coberturas vegetales intervenidas (pastos cultivos y áreas construidas) también se aprecia un aumento poco significativo en las coberturas de páramo, estos resultados de cambio de cobertura se pueden apreciar la figuras No 21 y 22. La coberturas se describen en la siguientes tablas (1y 2), donde se relacionan los valores espaciales (área, perímetro y Hectáreas) correspondientes a las diferentes coberturas analizadas, (Bosque, Páramo, Superparamo, Humedales, Rastrojo, Pastos, Cultivos, Lagunas, Arenales - Aflor. Rocosos, Área Construida y Nieve) estas clasificaciones se efectuaron para cada escena satelital (1989 y 1999).

Atendiendo lo expuesto, se entienden para el presente estudio y con fines posteriores de análisis en el procesamiento de imágenes se definen los siguientes tipos fisonómicos⁵⁷:

- Bosques Achaparrados: Vegetación con estrato de arbolitos de 8 a 10m (*Polylepis*).
- Matorrales: vegetación arbustiva, con predominio de elementos leñosos dominados por especies de la familia Asteraceae (*Diplostephium*, *Pentacalia* e *Hypericum*), pueden conformar variantes como arbustal-rosetal.
- Pastizales-Pajonales: Vegetación herbácea dominada por gramíneas en macollas comunidades de *Calamagrostis effussa* y *C. recta*.
- Frailejonales-Rosetales: vegetación con un estrato arbustivo emergente conformado por rosetas de *Espeletia*, entre otros, propias del páramo propiamente dicho.
- Prados-Turberas-Tremedales ó agrupaciones de plantas vasculares en cojín: predominio del estrato rasante ó en algunos casos con un estrato herbáceo pobre en cobertura (Ej. Colchones compactos de *Distichia muscoides* ó Cojines almohadillas con *Azorella* (Apiceae).
- Chuscales: dominada homogéneamente por bambú paramuno (*Chusquea tesellata*) en sitios húmedos y pantanosos⁵⁸.
- Rosetales con especies de puya: en los paramos húmedos son comunes con presencia de rosetas gigantes del género *Puya*.
- Rosetales Bajos: Característicos del Superparamo, en sustratos pedregosos y sueltos.

⁵⁷ RANGEL, Orlando. Colombia Diversidad Biótica III: la Región de la Vida Paramuna.

⁵⁸ Referenciado para las inmediaciones del volcán Puracé y laguna San Rafael (Rangel y lozano 1986).

Coberturas Vegetales para el año 1989 Empleando Imágenes Satelitales

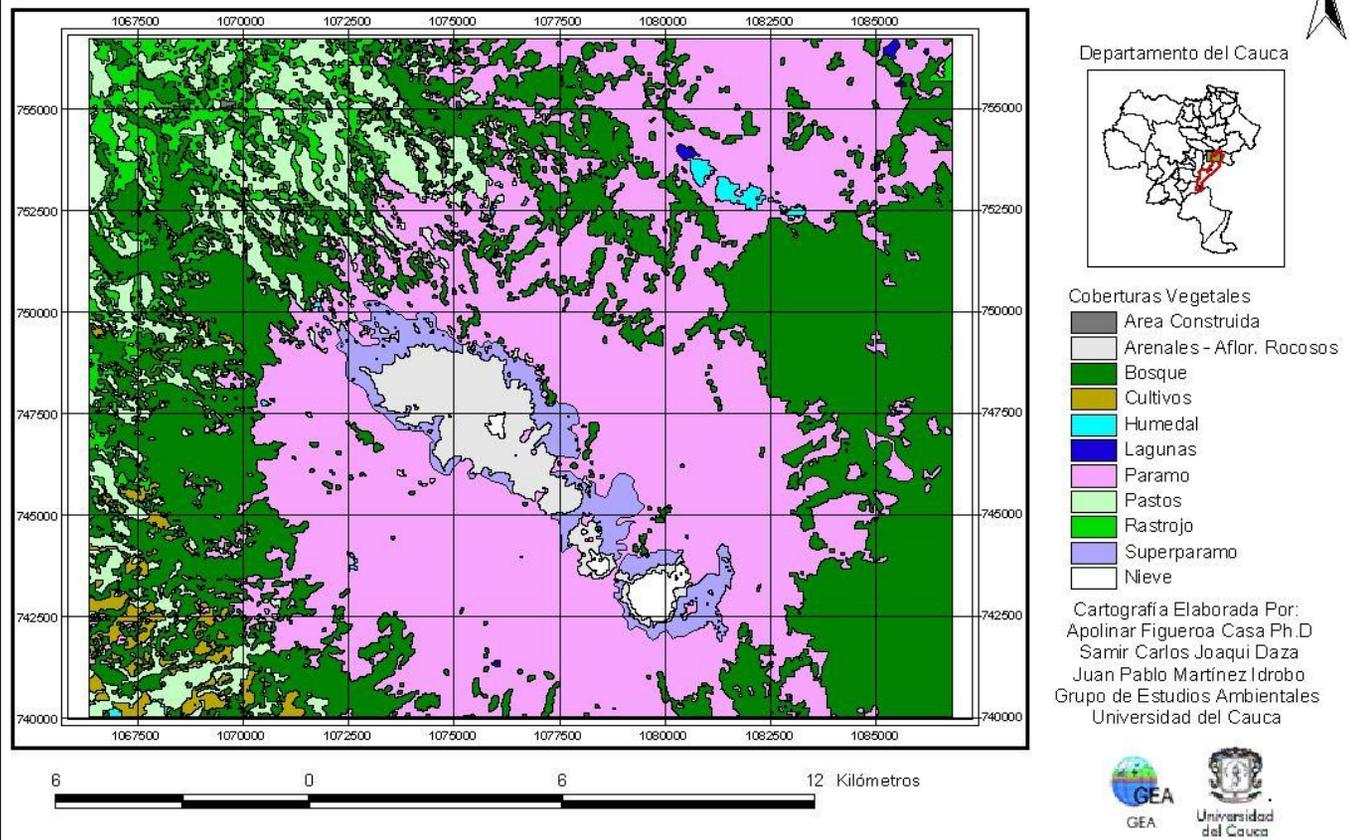


Figura 21 Coberturas Vegetales para el año 1989, Imagen Landsat TM

Coberturas Vegetales para el año 1999 Empleando Imágenes Satelitales

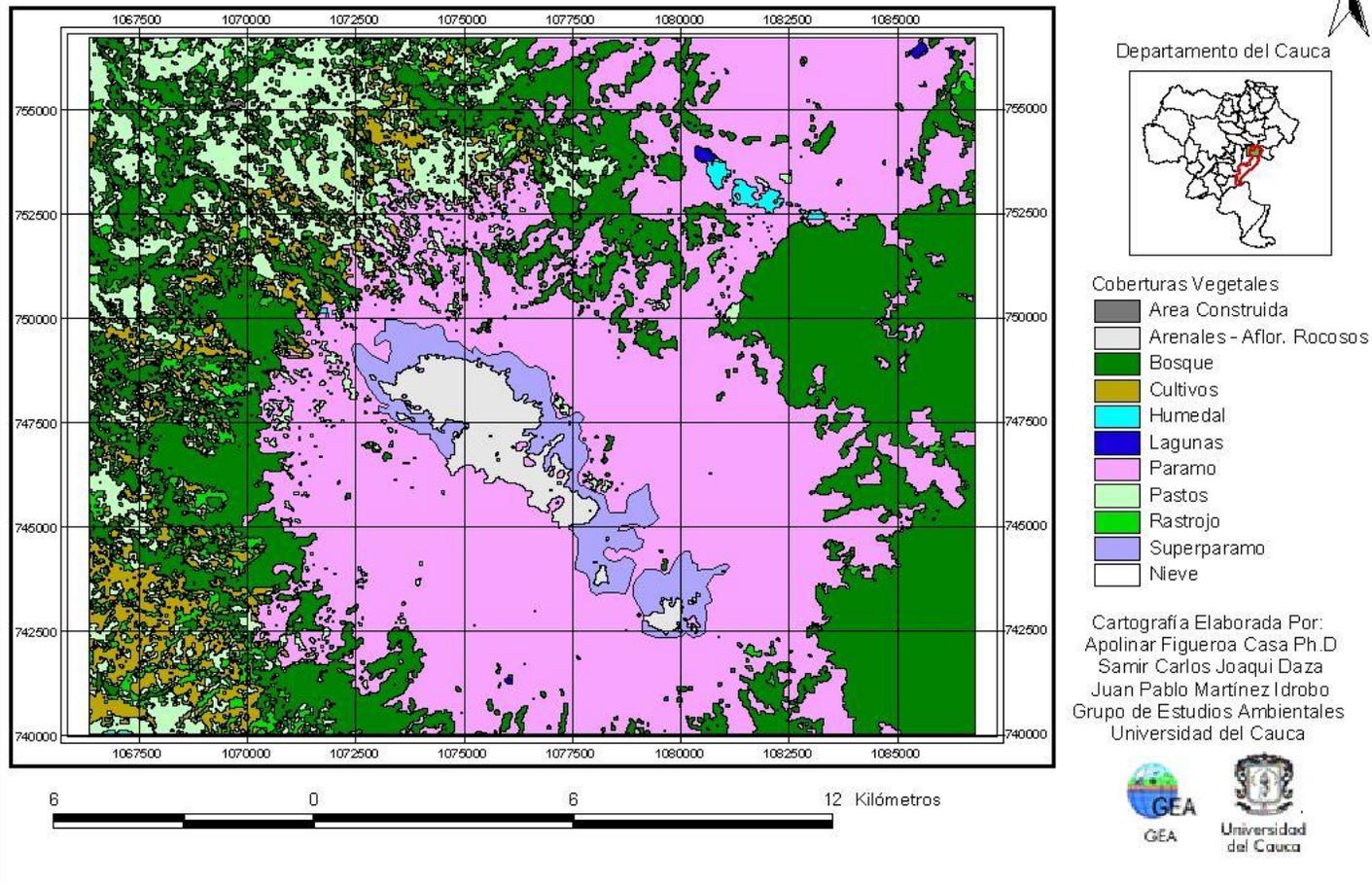


Figura 22 Coberturas Vegetales para el año 1999, Imagen Landsat TM

Las tasas de cambio de las diferentes coberturas se pueden observar en tabla 3 que relaciona los porcentajes de pérdida o ganancia de cobertura, en donde la que decrece aparece con un signo negativo, tal como se explica en inicio de este capítulo de análisis multitemporal, cabe destacar en este sentido que la cobertura que ha perdido en área debido a las actividades antrópicas, es la boscosa y sigue el humedal, también se observa que lo que corresponde a cobertura intervenida y área construida en los 10 años de diferencia han aumentado su área. Con respecto a la confrontación de los presentes resultados con los del SIAC para el departamento del Cauca en las coberturas boscosas Andinas dice que hay una pérdida de esta es de 289ha, en una ventana de análisis de 10 años, en esta investigación los resultados indicaron una pérdida de 2144ha para estas coberturas, solamente para la ventana de análisis, es de anotar que la escala de con la que trabajo el SIAC es de 1:1500000 y la que arrojó la presente investigación es de 1:60000. Otro factor que puede estar influyendo es que en este estudio se corroboraron los datos de las coberturas con una exhaustiva labor de campo.

El cruce de áreas para las diferentes coberturas en las dos escenas satelitales indica que hay una pérdida de área en los bosques, la podemos apreciar en la figura 22.

Tabla 1 Coberturas escena LandSat 1989.

COBERTURA	AREA (m²)	PERIMETRO (m)	HECTAREAS
Bosque	123742955,820	1211699,236	12374,296
Páramo	152331523,067	875099,496	15233,152
Superparamo	10412394,308	101408,624	1041,239
Humedales	1304836,144	30906,420	130,484
Rastrojo	18136997,133	519825,572	1813,700
Pastos	30002009,714	623046,995	3000,201
Cultivos	5607074,180	165728,981	560,707
Lagunas	306821,258	6321,248	30,682
Arenales - Aflor. Rocosos	11487888,253	79583,854	1148,789
Area Construida	62737,747	1697,979	6,274
Nieve	1695600,003	15240,000	169,560

Tabla 2 Coberturas escena LandSat 1999.

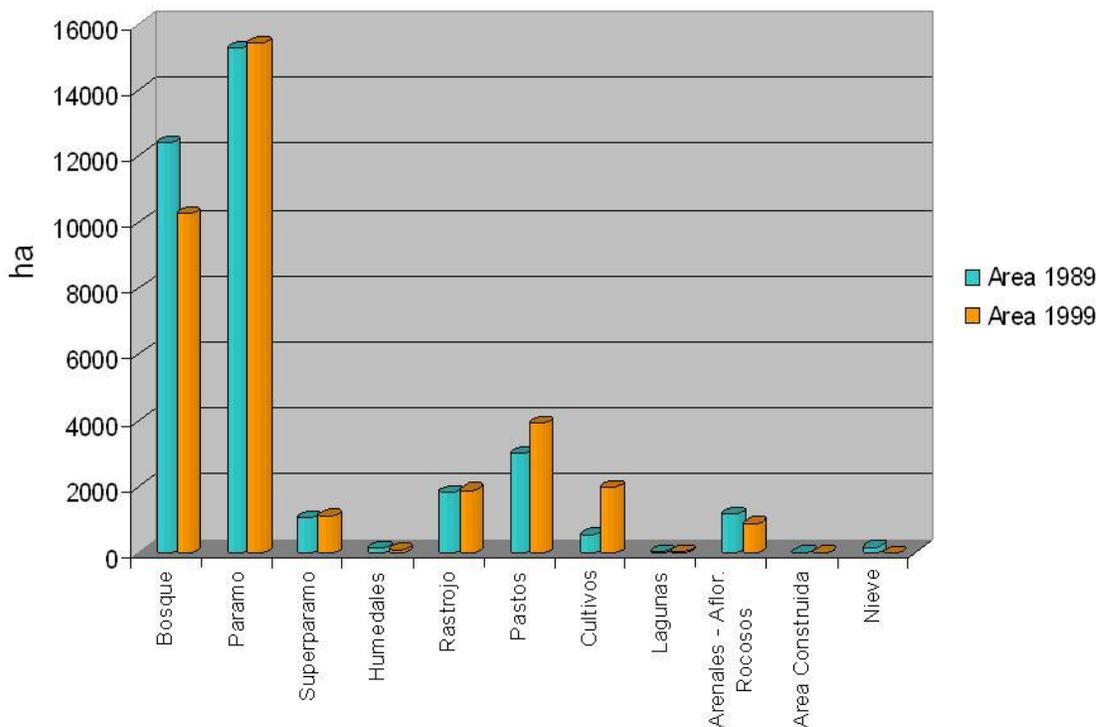
COBERTURA	AREA (m²)	PERIMETRO (m)	HECTAREAS
Bosque	102298126,102	1114139,333	10229,813
Páramo	153965745,100	763575,767	15396,575
Superparamo	11039001,218	75072,489	1103,900
Humedal	1053584,842	23724,992	105,358
Rastrojo	18954235,135	856836,424	1895,424
Pastos	39040730,179	1081367,684	3904,073
Cultivos	19631488,678	641938,042	1963,149
Lagunas	265500,000	5820,000	26,550
Arenales - Aflor. Rocosos	8741812,670	58747,511	874,181
Area Construida	102600,000	3900,000	10,260

Tabla 3 Tasa de Cambio Multitemporal 1989 – 1999

COBERTURA	% Cambio Cobertura	Cambio medio anual (Ha/año)
Bosque	-17,33	-214,4483
Paramo	1,072	16,3423
Superparamo	6,017	6,2661
Humedal	-19,256	-2,5126
Rastrojo	4,505	8,1724
Pastos	30,127	90,3872
Cultivos	250,120	140,2442
Lagunas	-13,467	-0,4132
Arenales - Aflor. Rocosos	-23,904	-27,4608
Area Construida	63,532	0,3986
Nieve	-100	-16,956

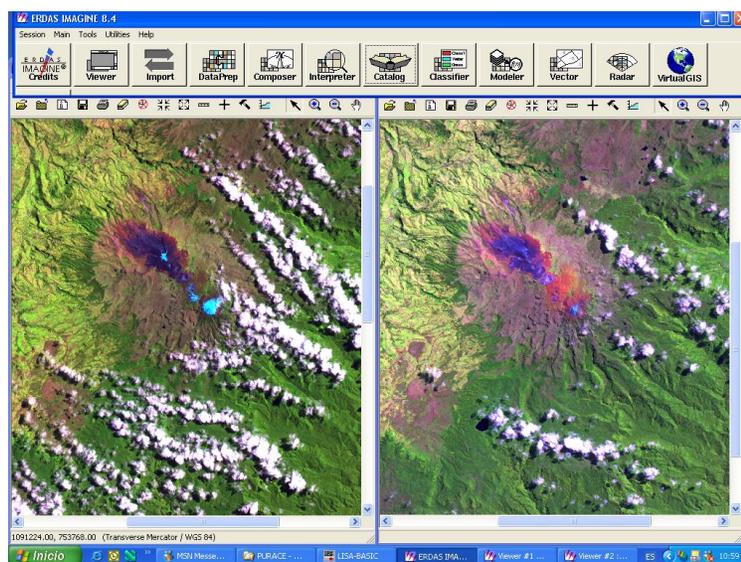
Con las clasificaciones que se obtuvieron se elaboran 2 mapas de coberturas para las temporalidades de 1989 y 1999, en los cuales se puede observar una disminución de las coberturas vegetales arbóreas, clasificadas como bosque, y un incremento en los pastizales y paramos (Fig. 23)

Figura 23 Cambios detectados entre 1989 – 1999



En las siguientes imágenes podemos apreciar el cambio en las coberturas vegetales y su dirección de intervención. Donde se observa que el patrón de intervención viene en dirección occidente oriente, la imagen de la izquierda corresponde al periodo de 1989, y la imagen de la derecha corresponde a 1999 Fig. 24.

Figura 24 Imágenes satelitales Lantsat TM 1989 – 1999



➤ Análisis Multitemporal Fotografías Aéreas

Con las fotografías aéreas del sector correspondientes a las temporalidades de 1979 y 1987, con una escala de 1:35000 se realiza una clasificación visual para posteriormente realizar los respectivos trabajos de campo, en este sentido para la elaboración de este producto se levantaron un total de 280 puntos geodésicos tomados en campo, con el criterio de que estos fueran identificables, tanto en la cartografía básica empleada y en las fotografías, lo cual permitió obtener un producto fotogramétrico de muy buena calidad, permitiendo rectificar y restituir parte de la cartografía base para el parque Puracé. El procesamiento digital de las aerofotografías se realizó en la plataforma LISA la cartografía generada correspondió a una escala 1:50000 (Fig. 25 y 26) en la plataforma LISA.

Figura 25 Ortofotomapa 1979 Sector San Rafael – Procesado en LISA V3.2



Figura 26 Ortofotomapa 1987 Sector San Rafael – Procesado en LISA V3.2



Con estos productos iniciales se procede a construir los diferentes mapas temáticos de cobertura. Resultado de este proceso de detección de cambios se obtuvo que para la zona objeto de análisis hay una reducción considerable en los bosques, una reducción no tan marcada en arbustales, lagunas y pajonales, los pastos tuvieron un aumento muy significativo las zonas de turberas presentaron un aumento poco significativo, estos resultados de cambio de cobertura se pueden apreciar en las figuras No. 27 y 28.

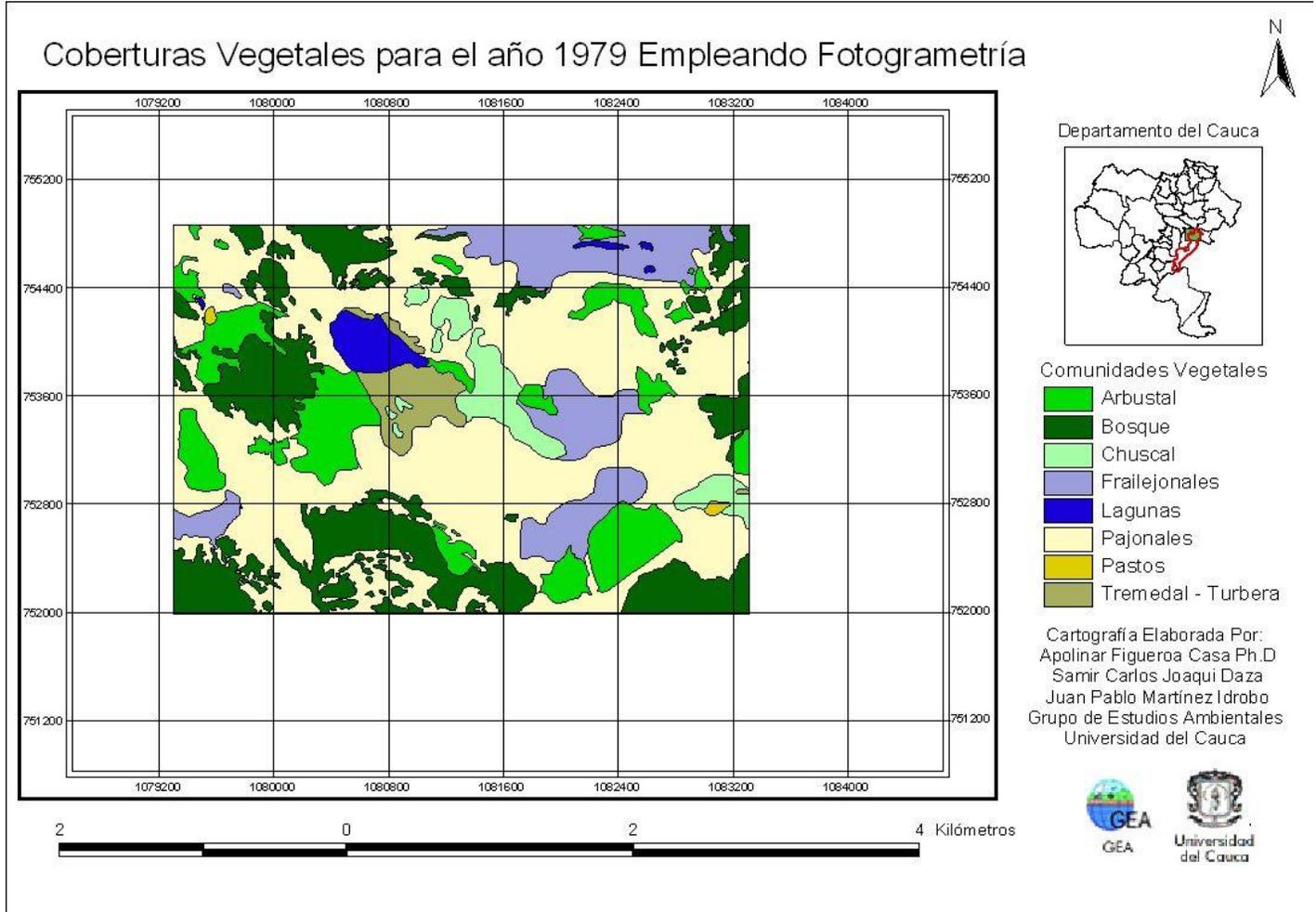


Figura 27 Coberturas Vegetales par el año 1979, Aerofotografías

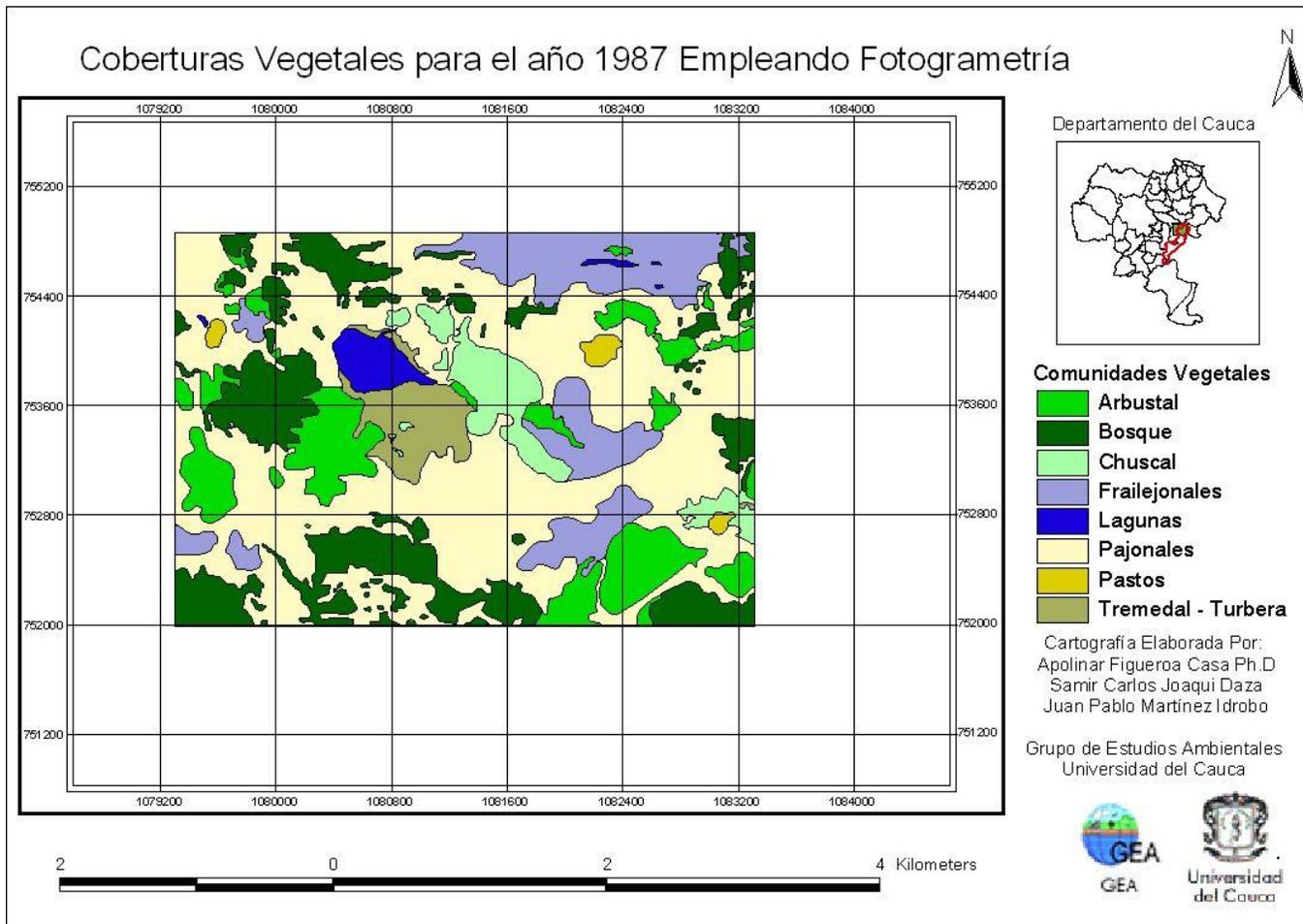


Figura 28 Coberturas Vegetales par el año 1987, Aerofotografías

Las unidades de vegetación que se describen en la siguientes tablas (4 y 5), donde se relacionan los valores espaciales (área, perímetro y Hectáreas) correspondientes los diferentes tipos de vegetación analizados, (Arbustal, Bosque, Chuscal, Frailejonales, Lagunas, Pajonales, Pastos y Turbera).

Tabla 4 Coberturas a partir de ortofotomapa 1979.

Unidad	USO	AREA (m2)	PERIMETRO (m)	HECTAREAS
Arbustal	Conservación/ Extracción	1514103,971	27124,721	151,410
Bosque	Conservación	2479758,749	54532,901	247,976
Chuscal	Conservación	479815,237	8473,104	47,982
Frailejonales	Conservación/ Ganadería	1312933,399	16615,697	131,293
Lagunas	Conservación	224479,829	3621,821	22,448
Pajonales	Conservación/ Ganadería	5814965,433	82355,044	581,497
Pastos	Ganadería	21942,481	852,406	2,194
Tremedal_-Turbera	Conservación	334214,862	5608,835	33,421

Tabla 5 Coberturas a partir de ortofotomapa 1987.

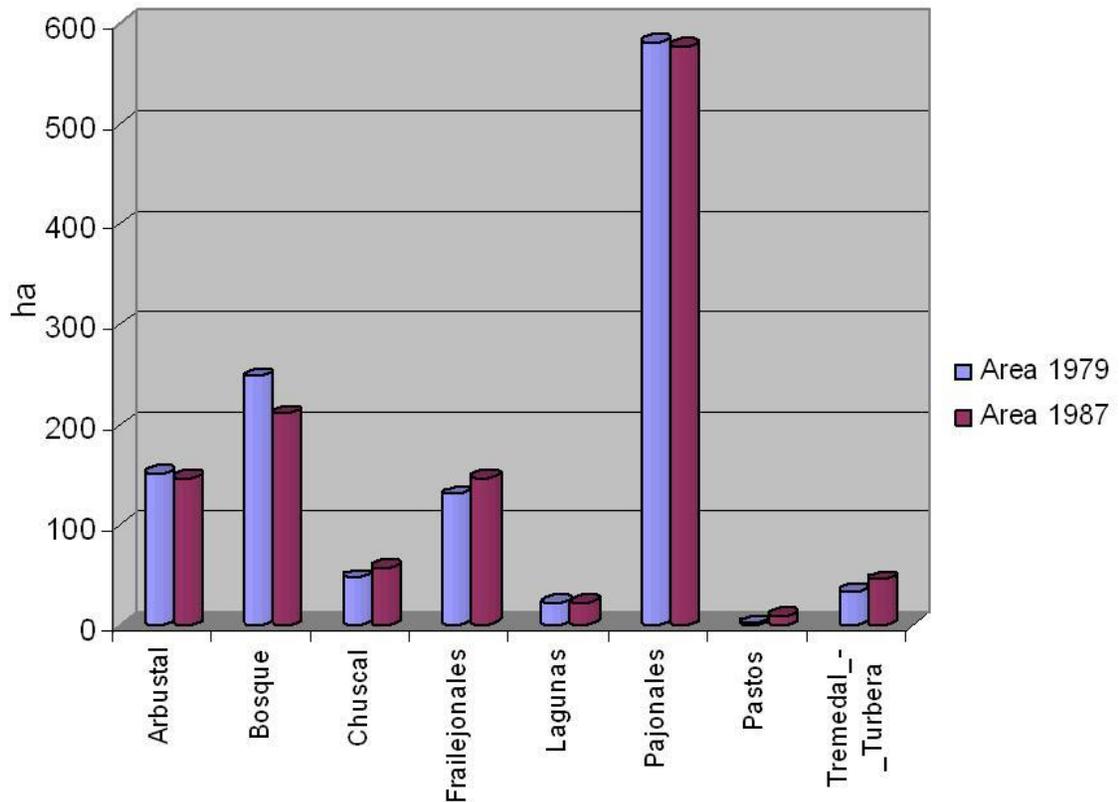
Unidad	USO	AREA (m2)	PERIMETRO (m)	HECTAREAS
Arbustal	Conservación/ Extracción	1474359,886	26375,426	147,436
Bosque	Conservación	2110527,596	43876,901	211,053
Chuscal	Conservación	577712,915	9652,914	57,771
Frailejonales	Conservación/ Ganadería	1467106,147	18723,067	146,711
Lagunas	Conservación	223959,205	3731,388	22,396
Pajonales	Conservación/ Ganadería	5776381,200	79025,353	577,638
Pastos	Ganadería	93361,220	2088,244	9,336
Tremedal_-Turbera	Conservación	458805,793	6939,435	45,881

Tabla 6 Tasa de cambio 1978 – 1999

Unidad	USO	% Cambio Cobertura	Cambio medio anual (Ha/año)
Arbustal	Conservación/ Extracción	-2,625	-0,497
Bosque	Conservación	-14,890	-4,615
Chuscal	Conservación	20,401	1,224
Frailejonales	Conservación/ Ganadería	11,743	1,927
Lagunas	Conservación	-0,232	-0,006
Pajonales	Conservación/ Ganadería	-0,664	-0,482
Pastos	Ganadería	325,524	0,893
Tremedal_- _Turbera	Conservación	37,282	1,558

Este producto que permite apreciar con mucho mas detalle, las tasas de cambio de los diferentes tipos de vegetación se pueden observar en tabla 6 que relaciona los porcentajes de perdida o ganancia de unidad, en este sentido la cobertura que esta sufriendo mas tensión por las actividades antrópicas descritas, es la cobertura boscosa y sigue el arbustal, también se observa una leve disminución en pajonales y lagunas, y un aumento significativo en las coberturas vegetales intervenidas que para este caso se tomo como pastos con fines de ganaderia, este cambio se puede evidenciar mejor en la Figura 29 .

Figura 29 Cambio de Coberturas para Aerofotografías



La explicación que se podría dar a este comportamiento en la disminución de la cobertura vegetal arbórea autóctona y en cambio la ganancia de coberturas vegetales intervenidas, se sustenta en la intervención constante que están siendo sometidos estos ecosistemas, tal como lo indican las actividades antrópicas identificadas para el sector que influyen significativamente en la degradación de estos ecosistemas, según la calificación que arrojo al metodología empleada para la evaluación de impacto Ambiental de las practicas identificadas (Cultivos, ganadería y quema). Pese a que estas actividades los habitantes del sector la emplean para el comercio local y el autoconsumo, esto conlleva a que las prácticas agropecuarias no sean tecnificadas, otro factor que incide en la es la topografía accidentada del terreno que dificulta la implementación de actividades antrópicas y se conservan algunos remanentes vegetación natural.

➤ Análisis Estadístico

Para establecer si la pérdida de las áreas naturales era significativa se empleo la prueba de chi-cuadrado, la cual indica que existen diferencias significativas con un criterio de confiabilidad del .050. Estos resultados nos indican que el nivel de cambio de cobertura encontrados son producto exclusivamente de 10 años

analizados, para el caso de las imágenes satelitales, y de 8 años para las aerofotografías, el resultado de este para las fotografías aéreas arroja los siguientes resultados:

El análisis multitemporal a partir de aerofotografías se trabajo con 7 grados de libertad (Tabla. 7), se encuentran perdidas en cobertura de bosque, lagunas y pajonales, las cuales no son significativas, por otra parte se encuentra una ganancia no significativa en chuscal, frailejona y turberas, hay un aumento significativo en las coberturas vegetales intervenidas clasificadas como pasto.

Tabla 7 Prueba chi-cuadrada para los cambios de cobertura de aerofotografías

Tipo	Esperado (Año1979)	Observado (Año 1987)	(O-E)	(O-E)²	(O-E)²/E
Arbustal	151,41	147,44	-3,974	15,79	0,10
Bosque	247,98	211,05	-36,923	1363,31	5,50
Chuscal	47,98	57,77	9,789	95,82	2,00
Frailejonales	131,29	146,71	15,418	237,71	1,81
Lagunas	22,45	22,40	-0,052	0,00	0,00
Pajonales	581,50	577,64	-3,859	14,89	0,03
Pastos	2,19	9,34	7,142	51,01	23,25
Turbera	33,42	45,88	12,460	155,25	4,65

Para las imágenes satelitales se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 8, con 10 grados de libertad se encuentra que hay una disminución significativa en las coberturas tipo bosque, afloramientos rocosos y nieve y no significativa en Humedales y lagunas. Hay una ganancia significativa en pastos y cultivos, no significativa en páramo, superpáramo, rastrojo y área construida.

Tabla 8 Prueba chi-cuadrada para los cambios de cobertura Imágenes Satelitales

Cobertura	Esperado (1989)	Observado (1999)	(O-E)	(O-E)²	(O-E)²/E
Bosque	12374,30	10229,81	-2144,48	4598807,34	371,64
Páramo	15233,15	15396,58	163,42	26707,08	1,75
Superparamo	1041,24	1103,90	62,66	3926,40	3,77
Humedales	130,48	105,36	-25,13	631,32	4,84
Rastrojo	1813,70	1895,42	81,72	6678,81	3,68
Pastos	3000,20	3904,07	903,87	816984,59	272,31
Cultivos	560,71	1963,15	1402,44	1966843,56	3507,79
Lagunas	30,68	26,55	-4,13	17,07	0,56
Arenales - Aflor. Rocosos	1148,79	874,18	-274,61	75409,55	65,64
Área Construida	6,27	10,26	3,99	15,89	2,53
Nieve	169,56	0,00	-169,56	28750,59	169,56

La diferencia hallada en cuanto a la significancia de perdida o ganancia para las fotografías aéreas e imágenes satelitales, se puede explicar en que el área que cubren las primeras esta en gran parte dentro del Parque Nacional Natural de

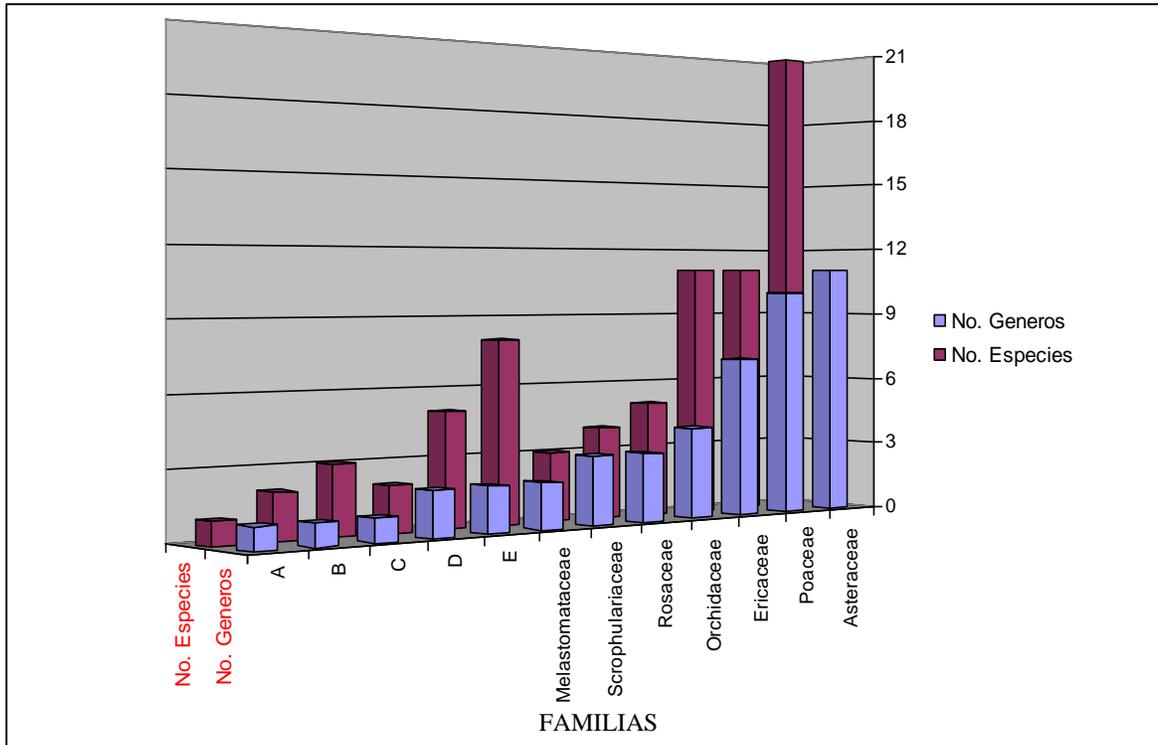
Puracé, específicamente en el sector San Rafael, las actividades agrícolas y ganaderas que se ejecutan en estos sectores son para el auto consumo y el comercio local, razón por la cual la tensión no es tan marcada, y las escenas satelitales empleadas para el presente análisis cubren una mayor área⁵⁹, así, los sectores Pilimbalá, San Rafael y parte del Sector San Juan, en el Parque Nacional Natural de Puracé, para el sur occidente tenemos que abarca gran parte del la Zona de Paletara en el municipio de Puracé Coconuco donde los cultivos son tecnificados y su producción es a mayor escala, esto hace que las coberturas vegetales estén siendo constantemente sometidas a presiones intensivas y constantes, lo que conlleva a una pérdida de las coberturas vegetales naturales y un incremento en las coberturas intervenidas.

9.10 Análisis de La Vegetación

Los tipos fisionómicos presentes en el área de estudio, son Pajonal, Chuscal, bosque y arbustal, estas coberturas se muestran en dos estadios, intervenido y poco intervenido, la espacialización de los lugares de muestreo se pueden observar en la Figura 28, se realizaron 26 muestreos donde se colectaron 284 ejemplares, donde se encontraron, 141 especies pertenecientes a 96 géneros repartidos en 55 familias producto de 26 levantamientos (ver anexo 4).

⁵⁹ P1 = N: 740000, E: 1085000, Alto Yarumal, P2 = N: 755000, E: 1085000, Laguna de Sánchez; P3 = N: 755000, E = 1065000, Patico; P4 = N: 740000, E: 1065000, Santa Rosa. Área 300Km²

Figura 30 Relación de Familias, géneros y especies más representativos encontrados



En este grafico podemos observar que las familias mas representativas son en su orden Asteraceae, Poaceae, Ericaceae, Orchidiaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae y Melastomataceae, donde las que tiene mayor número de generos es Asteraceae y poaceae, y la que tiene mayor número de especies es Asteraceae con 21 especies encontradas.

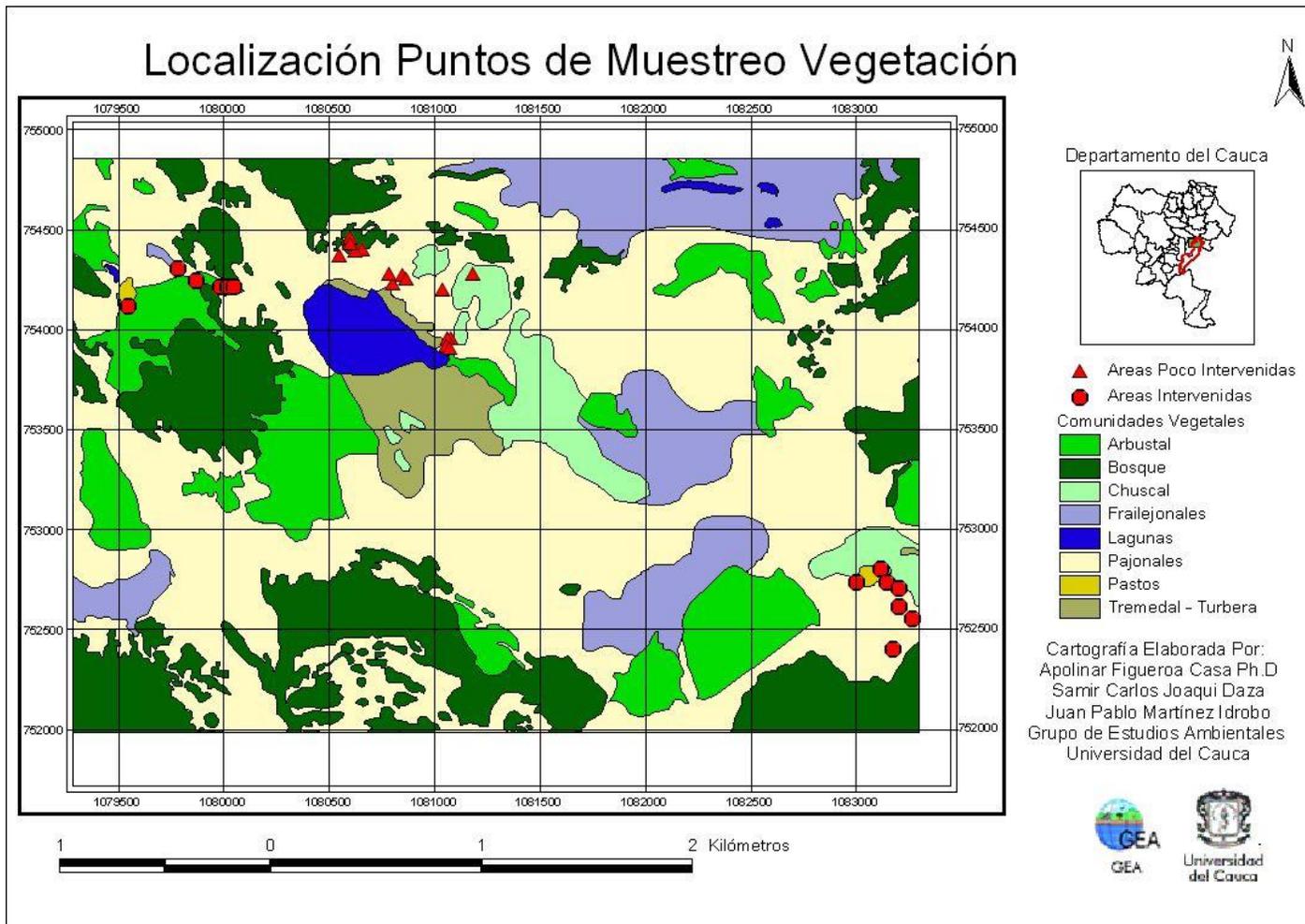


Figura 31 Localización sitios de Muestreo.

Para conocer la similitud florística entre los sistemas estudiados, se obtuvo el coeficiente de Jaccard (I_j), que se basa en la relación presencia-ausencia entre el número de especies en cada sistema y el número total de especies

$$I_j = c/a+b-c$$

Donde C = número de especies comunes a ambos sistemas; A = número de especies encontradas en el sistema A ; B = número de especies encontradas en el sistema B .

El coeficiente de Jaccard (I_j) para los dos sistemas estudiados fue:
Los resultados de este análisis se relacionan en la tabla 9

Índice de Jaccard	A (No. de sp. Presentes sin intervencion)	B (No. de sp. Presentes con intervencion)	C (No. de especies comunes)	I_j
Bosque	67	28	19	0,25
Arbustal	23	9	4	0,14
Chuscal	26	18	8	0,22
Pajonal	40	26	9	0,16

Tabla 9 Índice de Jaccard por los tipos fisionómicos.

Bosque: El índice para este tipo fisionómico fue de 0.25, es decir que existe un 25% de similitud florística y un 75% de especies distintas entre ambas coberturas.

Arbustal: El índice para este tipo fisionómico fue de 0.14, es decir que existe un 14% de similitud florística y un 86 % de especies distintas entre ambas coberturas.

Pajonal: El índice para este tipo fisionómico fue de 0.16, es decir que existe un 16% de similitud florística y un 84% de especies distintas entre ambas coberturas.

Chuscal: El índice para este tipo fisionómico fue de 0.22, es decir que existe un 22% de similitud florística y un 78 de especies distintas entre ambas coberturas.

Para establecer si existe una diferencia significativa entre el numero total de especies presentes entre los tipos de cobertura analizados bajo los dos estadios referidos (Intervenido y poco Intervenido), se emplea la prueba de chi-cuadrada, con un criterio de confiabilidad del .050. y con 3 grados de libertad. Se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 10).

Tabla 10 Esquema de la prueba chi-cuadrada para las coberturas vegetales

Cobertura	No. sp sin intervención (Esperado)	No. sp Intervención (observado)	(O-E)	(O-E) ²	X ² (O-E) ² /E
Bosque	67	28	-39	1521	22,70
Arbustal	23	9	-14	196	8,52
Chuscal	26	18	-8	64	2,46
Pajonal	40	26	-14	196	4,90

El resultado nos indica que hay diferencia significativa en cuanto al número de especies para bosque y arbustal, según los resultados de las pruebas hechas.

Esto nos demuestra que el grado de intervención a que están siendo sometidos estos ecosistemas en particular, está incidiendo adversamente en la composición de estas coberturas. Lo cual podría estar incidiendo en la similitud de estos tipos fisonómicos identificados, la razón de esta hipótesis es que dadas las características ecosistémicas como las condiciones edáficas, el clima la orientación, y la cercanía del área estudiada la similitud entre estas coberturas se esperaría que fuera mayor.

10. CONCLUSIONES

Con la presente investigación se ratifica la hipótesis planteada “la región que comprende la zona de estudio, ha sufrido una progresiva disminución de la vegetación natural debido a la constante antropización con su consecuente cambio de uso del suelo.”

En este sentido se concluye que:

La calificación que arrojan las matrices empeladas para la evaluación de impacto ambiental de las actividades identificadas en el sector indica que estas actividades inciden adversamente el sistema. En tal sentido se obtuvieron las siguientes calificaciones en valores de importancia Agricultura 4, ganadería 4 y quema 3.25, donde la valoración o peso esta dada en una escala de 0 a 10 valores de importancia.

Los resultados del análisis multitemporal tanto a partir de las imágenes satelitales como las fotografías aéreas, arrojaron como resultado general que las coberturas naturales y en especial las boscosas, están disminuyendo en área, se aprecia un aumento en las coberturas intervenidas (pastos) y las zonas construidas.

De acuerdo al análisis estadístico, las clasificaciones obtenidas a partir de fotografías aéreas de los años 1979 y 1987, mostraron una pérdida en cobertura de bosques, lagunas y pajonales, que estadísticamente no son significativas. Por otra parte, se encuentra una ganancia no significativa en chuscal, frailejónal y turberas, pero si hay un aumento significativo en las coberturas vegetales intervenida tipo pasto, la razón de este comportamiento tiene su explicación en las actividades que se están ejecutando en estos sectores, particularmente la ganadería, que se puede observar en límites con el parque hacia la parte sur occidental de la ventana y el Sector San Rafael, dentro del Parque Nacional Natural Puracé.

Para las imágenes satelitales correspondientes a los años 1989 y 1999 se tiene que hay una disminución significativa en las coberturas tipo bosque, en la presencia de nieve, y no significativa en Humedales y lagunas. Aquí es mucho mas claro el crecimiento de los pastizales y cultivos lo cual muestra una ganancia significativa.

La diferencia hallada con las clasificaciones de las aerofotografías y las imágenes satelitales, obedece a que el área que cubren las imágenes es mayor, aspecto que unido a la temporalidad de las mismas y la escala en que fueron tomadas puede ser la razón de esta diferencia. La imagen satelital, incluyen hacia el sur occidente parte de la zona de Paletara, de vocación eminentemente agrícola y

ganadera, actividades que influyen negativamente sobre las coberturas vegetales naturales de este sector.

La integración de información con el uso sensores remotos y SIG proveen de una herramienta valiosa para estudios de impacto ambiental asociados con los procesos de cambio de uso del suelo. El análisis multitemporal de imágenes de satélite es útil para identificar cambios en el tiempo del uso de la tierra e identificar como esos cambios varían en el tiempo. Áreas susceptibles a la deforestación pueden ser identificadas y modeladas espacialmente al combinar la información generada por el satélite con información almacenada en un SIG.

Se identificaron 238 especies repartidas en 53 familias todo esto producto de 26 levantamientos.

La similitud florística de los sistemas analizados (Intervenido y Poco intervenido), arroja los siguientes resultados; **Bosque:** El índice fue de 0.25, es decir que existe un 25% de similitud florística y un 75% de especies distintas entre ambas coberturas. **Arbustal:** El índice fue de 0.14, es decir que existe un 14% de similitud florística y un 86 % de especies distintas entre ambas coberturas. **Pajonal:** El índice fue de 0.16, es decir que existe un 16% de similitud florística y un 84% de especies distintas entre ambas coberturas, **Chuscal:** El índice fue de 0.22, es decir que existe un 22% de similitud florística y un 74% de especies distintas entre ambas coberturas. En términos generales se encuentra que hay un alto porcentaje de disimilitud en todas las coberturas vegetales analizadas, una de las razones de esto es el grado de intervención, constantes de este sistema.

Para conocer si existe una diferencia significativa entre el número total de especies presentes entre los tipos de cobertura analizados bajo los dos estadios referidos (Intervenido y poco Intervenido), se emplea la prueba de chi-cuadrada existe diferencia significativa en cuanto al número de especies para bosque y arbustal, mientras que para las otras coberturas no es significativo.

Los modelos fenomenológicos nos permiten simplificar relaciones conceptualizarlas y entenderlas sin el detalle extremo, el cual puede complicar su análisis integral, de esta manera nos permiten comprender para este caso como ha sido la dinámica general de intervención sobre los diferentes componentes del sistema, estableciendo la dirección de los flujos de energía bajo condiciones naturales e intervenidas, la forma de afectación sobre los diferentes componentes del sistema por los cultivos, la ganadería y la quema.

11. RECOMENDACIONES

La continuidad de estas investigaciones en ecosistemas altoandinos es una prioridad por razones de gestión de los ecosistemas productores de agua y por los procesos de cambio global que afectan directamente estos ecosistemas únicos construyendo una línea base de información para estos orobiomas que posibiliten una gestión argumentada y adecuada del los recursos.

La progresiva disminución de la vegetación natural de la zona de estudio sumado a algunas prácticas inadecuadas de uso de las tierras observadas durante el trabajo de campo, está llevando a la degradación de suelos, por lo que se recomendaría mayores trabajos en educación ambiental y en capacitación agrícola.

Las metodologías para los SIG elaboradas y ajustadas en el presente trabajo, deben ser aplicadas y tenidas en cuenta para cualquier estudio que requiera este tipo de análisis.

Se hace recomienda trabajar con escalas inferiores a 1:60000 para este tipo de estudios, en estos ecosistemas particularmente, lo cual queda demostrado por las grandes diferencias encontradas en el presente trabajo, y los datos que arroja el SIAC.

Dado que el desarrollo económico del la región estudiada esta íntimamente ligado a la utilización de los recursos naturales, donde su población es eminentemente rural se hacen necesarios programas de capacitación y alternativas de producción sostenible encaminadas a disminuir los impactos ambientales sobres este tipo de ecosistemas.

12. BIBLIOGRAFIA

AGUERO, J M. ALVARADO A., Compactación y Compactibilidad de Suelos Agrícolas y Ganaderos de Guanacaste, Costa Rica. Agron. Costarr. 7 (1/2): 198327-33p.

BRAUN-BLANQUET, J. fitosociología, Bases para el Estudio de las Comunidades Vegetales. Unidades Básicas de Vegetación su Estructura e interpretación H blume Ediciones. Madrid 1979. p. 22 – 36.

CASTAÑO URIBE, C. El Páramo en Colombia. Memorias Cátedra UNESCO sobre la Ecología y Manejo de Páramo, Fundación Universitaria de Popayán. Popayán 2003.

CASTAÑO-URIBE, Carlos. Congreso Mundial de. En, Colombia Alto Andina y la Significancia Ambiental del Bioma Páramo en el Contexto de los Andes Tropicales: Una Aproximación a los Efectos Futuros por el Cambio Climático Global (Global Climatic Tensor). En: CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa). Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional Tomo I.2002. 37 – 39p.

CHUVIECO E. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3 ed. Madrid: Ediciones Rialp. 1996. 568 p.

CUATRECASAS, J. Aspectos de la Vegetación Natural de Colombia. En: PEREZ – ARBELAEZIA. Bogotá Vol. 2 No. 8. Enero – Diciembre 1989. 155 –284 p.

Descripción del programa LISA, Módulo FOTO Versión 2.0. Dr – Dr. Ing. Wilfried Linder.– Instituto Geográfico de la Universidad de Duesseldorf Alemania 2001.

DICKINSON. G. C. Maps and Air Photographs, Images of the Earth. En: The “ New Cartography ” – From Photo to Map to Orthophotomap. Edward Arnold ed. Londres. 1979. p. 54 – 81.

ECOTONO. Fragmentación y Metapoblaciones. Centro para la Biología de la Conservación. 1996

ESPINOZA G, Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental: Centro de Estudios para el Desarrollo (CED) de Chile BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID SANTIAGO – CHILE 2000 93 – 124p.

ESPINOZA G, et al. Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental a Nivel Local Capítulo VII SANTIAGO – CHILE 2000, 54p.

Estado Y Gestión De Los Páramos De Colombia CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa). Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. Tomo II. 2002. 144p.

FIGUEROA, C. A: CONTRERAS, R. R., SÁNCHEZ, D. J. Evaluación de Impacto Ambiental, Un Instrumento para el Desarrollo. En, La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Cali – Colombia. Centro de Estudios Ambientales para el Desarrollo Regional. 1998. 45 – 74 p.

FITZ – PATRIC E. A. Introducción a la Ciencia de los Suelos Editorial TRILLAS En: Las Propiedades de Los Suelos México 1996 97 – 100p.

FORMAN R. y GODRÓN M; Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1986. 620 p.

GENTRY, A. A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru). Washington, DC. : Conservation International. 1993. 895 p.

GRUBB, P.J. 1970. The impact of man on the Cerro Antisana, Ecuador. Journal of Applied Ecology 7: 7-8 Citado por: MOLINILLO M. MONASTERIO M, Patrones de Vegetación y Pastoreo en Ambientes de Páramo. En ECOTROPICOS Sociedad Venezolana de Ecología 15(1): 2002 19-34p.

GUEVARA I. & SOTO P. “Plan Ambiental para la protección del Páramo de Chontales debida a la actividad antrópica y ganadera”, Tesis de Ingeniería Sanitaria y Ambiental 1999.

GUHL, E. , Los paramos circundantes de la Sabana de Bogota. Jardín Botánico “José Celestino Mutis Bogota” Citado por: REY, C. FRANCO VIDAL, L 1982.

HARRIS, L.D., Edge effects and conservation of biotic diversity. Conservation Biology 1988. 330-332.

HERNADEZ, R.; FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. Colombia: McGRaw-Hill. 1997. 505 p.

HERNÁNDEZ Zr & MONASTERIO M La Vulnerabilidad De Las Formas De Vida En La Antropización Del Páramo Andino Por, En: CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa). Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. Tomo I. 2002.

HOFSTEDE, R. El Páramo su Ecología, las Amenazas y el Esfuerzo para la Conservación y el Desarrollo. Memorias Cátedra UNESCO sobre la Ecología y Manejo de Páramo, Fundación Universitaria de Popayán. Popayán 2003

HOFSTEDE, R.G.M. The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian paramo grasslands. *Plant and Soil* 1995.

HOFSTEDE, R El Páramo y sus Habitantes: La gente como amenaza y como solución para la conservación de los páramos Memorias Cátedra UNESCO sobre la Ecología y Manejo de Páramo, Fundación Universitaria de Popayán. Popayán 2003.

IDEAM. Sistema De Información Ambiental De Colombia –SIAC-. Primera Generación De Indicadores De Línea Base De La Información Ambiental De Colombia. Tomo II. Bogotá : IDEAM, 2002. 827 p.

IDEAM. Suelos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición de Hot Spot & Global Climatic Tensor, Ed IDEAM, Cap 4 Transformación y Cambio en el Uso del Suelo en los Paramos de Colombia en las Ultimas Décadas Bogota. 2002, 240 p.

JANO, A. P., JEFFERIES, R. And ROCKWELL. The Detection of Vegetational Change by Multitemporal Analysis of LANDSAT Data: the Effects of Goose Foraging. En: *Journal of Ecology*. Vol. 89. 1998, 93 – 99 p.

LANDSBERG J., O'CONNOR T., FREUDENBERGER D. 1999. The Impacts of Livestock Grazing on Biodiversity in Natural Ecosystems. In: *Nutritional Ecology of Herbivores*. Proceedings of the Vth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, editado por H. J. Jung, & G. C. Jr. Fahey, (ed.) USA , American Society of Animal Science,. Citado por: VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002. 752 - 777 p.

LAURANCE. W. F., et al. Rain Forest Fragmentation and the Dynamics of Amazonian Tree Communities. En: *Ecology*, 79 (6). 1998, 2032 – 2040 p.

LAURANCE. W. F. Williamson. B., Positive Feedbacks among Forest Fragmentation, Drought, and Climate Change in the Amazon. En: *Conservation Biology*. Vol. 15, No 6 December 2001, 1529 – 1535 p.

LEEGE T., DARYL J., ZAMORA B. 1981. Effects of Cattle Grazing on Mountain Meadows in Idaho. *Journal of Range Management*, 34(4): Citado por: VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002, 324-328p.

LISA Para Windows NT BASE. Autor Dr – Dr. Ing. Wilfried Linder. Traducida al español por: Dipl. Volksw. Albert Sodemann. CEADES. Universidad Autonoma de Occidente. Instituto Geográfico de la Universidade de Duesseldorf Alemania. 2001, 54p.

LÓPEZ A, H. Et al, Aproximación A los Efectos de las Actividades Antrópicas Sobre la Fauna de Vertebrados del Páramo Colombiano En: CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa). Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. Tomo I. 2002.

LOVEJOY, T.E., B.O. BIERREGAARD, A. RYLANDS,. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In Burges and Sharpe Edito. Conservation biology. The science of scarcity and 1986

LUGO. A. Los Sistemas Ecológicos y la Humanidad. Eva V. Chesneau Editora. Washington. D. C. 1982, p 35

MARTINEZ. J, P. Estudio Espacio–Temporal del Proceso de Fragmentación en la Zona Nor-Oriental del Parque Nacional Natural Puracé, Mediante el Análisis de las Comunidades Vegetales. Universidad del Cauca. Popayán 2005 120p

MATUS G. & TÓTHMÉRÉSZ B. 1990. The effect of grazing on the structure of a sandy grassland. In: Spatial processes in plant communities, F. Kraulec, S. Agnew & H.J. Willems,(ed.) Checoslovaquia, Academia Prague. Citado por: VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002. 32-35 p

MENA P y MEDINA G La Diversidad de los Páramos, Memorias Cátedra UNESCO sobre la Ecología y Manejo de Páramo, Fundación Universitaria de Popayán. Popayán 2003

Ministerio Del Medio Ambiente Dirección General De Ecosistemas, Programa Para El Manejo Sostenible Y Restauración De Ecosistemas De La Alta Montaña Colombiana: P Á R A M O S, Especies amenazadas, Bogota Dic 2001

MOLINILLO M. MONASTERIO M, Patrones de Vegetación y Pastoreo en Ambientes de Páramo. En ECOTROPICOS Sociedad Venezolana de Ecología 15(1): 2002 19-34p

MOLINILLO M. F. 1992. Pastoreo en ecosistemas de páramo: estrategias culturales e impacto sobre la vegetación en la Cordillera de Mérida, Venezuela. Tesis de Maestría en Ecología Tropical. Universidad de los Andes, Venezuela. Citado por: VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002

MOLANO B. J. Problemática Ambiental del Páramo Andino. En: REYES Z. P., El Páramo, Ecosistema a Proteger. Bogotá. Editorial Codice. 1996. 39 – 71 p.

MOLANO B. EL PÁRAMO: Producción Social del Espacio en las Altas Montañas Ecuatoriales, En: CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa). Bogotá : Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. Tomo I. 2002. 763 p

MORENO, Claudia. and HALFFTER, G. Spatial and temporal analysis of the alpha, beta and gamma diversities of bats in a fragmented landscape. En: Biodiversity and Conservation. Vol. 10. 2001. 367-382 p.

MORA-OSEJO Luis Eduardo, Congreso La necesidad urgente de mantener el equilibrio dinámico del ciclo hídrico. En CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa). Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. Tomo I. 2002. 272 -274 p.

ODUM, E.P. Ecología. La sensibilidad a distancia como instrumento para el estudio y la administración de ecosistemas. Tercera edición. México. Interamericana 1972. 515 – 533 p.

PARRA, S. R: MARULANDA O. J y ESCOBAR, J. Sistemas de Información Geográfica (SIG), Base de la Gestión Ambiental. En: Sensores Remotos: Teledetección e Imágenes Satelitales. Medellín. Imprenta Universidad Nacional. 1997, p. 105 – 133

Plan de Manejo Institucional, Versión Preliminar. Parque Nacional Natural de Puracé, Elaborado por Funcionarios del P. N. N. Puracé. Asesorado, Oficina Operativa, Regional Surandina. Sistema de Parques Nacionales Naturales, Ministerio del Medio Ambiente. Popayán Abril 1998.

PARKER, C. A.. Soil biota and plants in the rehabilitation of degraded agricultural soils. In Majer editor. The role of fauna in reclaimed lands. Cambridge University Press, Cambridge-England, 1989. 341-351 p.

PICKETT, S., & N. THOMPSON.. Patch dynamics and the size of nature reserves. Biological Conservation, 1978 27-37p.

PICKETT S.T.A., KOLASA J., ARMESTO J.J. & COLLINS S.L. 1995. The Concept of Ecological disturbance and its expression at various hierarchical levels. OIKOS, 54:. Citado por: VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002 129 – 136p

PODWOJEWSKI, P. y J. POULENARD. La degradación de los suelos de los páramos, 2000.27-36 p.

PREMAUER J. M. 1999. Efecto de diferentes regímenes de disturbio por quema y pastoreo sobre la estructura horizontal y vertical de la vegetación de páramo (Parque Nacional Natural Citado por: VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En: Congreso Mundial de Paramos (Chingaza). Tesis de Biología, Universidad Nacional de Colombia. TOMO I Mayo de 2002

PRIMACK, B. 1998. Essentials of conservation Biology. 2da edición, Ed. Sinauer Associates, Massachusetts-USA, 660 pp.

QUIZHPE, W. et al. Diagnóstico de la Vegetación Natural y de La Intervención Humana en los páramos del Parque Nacional Podocarpus 2001. Herbario LOJA, Universidad Nacional de Loja; Programa Podocarpus, Loja, Ecuador

RAMIREZ, P., F. IZQUIERDO, y O. PALADINES. Producción y utilización de Pastizales en Cinco Zonas Agroecológicas de Ecuador. MAG-GTZ-REPAAN, Quito. 1996.

RANGEL, O y LOZANO, G. Un perfil de vegetación entre la Plata (Huila) y el Volcán Puracé. En : Caldasia. Vol. 14 (1986); p. 68-70.

RANGEL, O. Colombia Diversidad Biótica III: la Región de la Vida Paramuna. Bogotá: Unibiblos, 2000. 902 p. ISBN 958-701-010-8.

RANGEL, Orlando. Biodiversidad en la región del páramo: con especial referencia a Colombia. En: CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa) Simposio Historia natural y aspectos biogeográficos del páramo. Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. Tomo I. 2002. 987 p.

REY, C. FRANCO VIDAL, L. CASTAÑO URIBE, C. El Páramo en Colombia. Memorias Cátedra UNESCO sobre la Ecología y Manejo de Páramo, Fundación Universitaria de Popayán. Popayán 2003.

REYES Z. P., El Páramo, Ecosistema a Proteger. Bogotá. Editorial Codice. 1996.

RODRÍGUEZ, W. & O. VARGAS. 2002. Estrategias de Regeneración Postquema en Areas de Vegetación Altoandina. Tipo Matorral. Revista del Jardín Botánico de Bogotá. Pérez - Arbelaezia No. 13. Citado Por: VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002.

RODRÍGUEZ, F., A. MARISCAL, E. JIMÉNEZ, I. JARAMILLO & M. ROBICHAUD. 1994. Caracterización ecológica por Sensores Remotos del ares de Lita y alrededores en la zona de influencia de la reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, Ecuador. Ecociencia. Quito.

RONDON M. Et al. Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002. En, Efecto De Cambios en el Uso del Suelo Sobre los Almacenamientos de Carbono y Flujos de Gases de Efecto Invernadero en Áreas del Páramo de Las Ánimas, Cauca, Colombia, 154 – 159p.

RUIZ SOTO, J, P. El Páramo Un Ecosistema a Proteger. Fundación de Ecosistemas Adinos. En Economía Política Y Alta Montaña ECOAN (Editor), 1996, 226 – 233 p.

SAUNDERS, D., R. HOBBS & C. MARGULES, 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review, Conservation Biology (5) 1: 18-27

SHOJI, M.; NANZYU, M. y DAHLGREN, R.A. Volcanic Ash Soils. Genesis, Properties and Utilization. Amsterdam: Elsevier; Developments En Soil Science: 21. 313 pp. 1993

SMITH. R, SMIT. T, Ecología 4ed. Editorial Addison Wesley, en Los Organismos y su Ambiente 18 – 20p Madrid 2001

Universidad del Cauca, Guía para la Elaboración de Estudios de Efecto Ambiental en Carreteras y Canales Navegables, Documento Preliminar Parcial de Trabajo. Popayán Junio de 1989.

VARGAS, O. 2000. Sucesión - Regeneración del páramo después de quemas. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Citado Por: VARGAS O, REMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En Congreso Mundial de Paramos MEMORIAS TOMO I Mayo de 2002.

VARGAS R. O. Impacto de Fuego y Pastoreo Sobre el Medio Ambiente Páramo. En: REYES ZAMBRANO. Pedro., El Páramo, Ecosistema a Proteger. Bogotá. Editorial Codice. 1996. p. 65 – 72

VALENCIA, C. Estudio y Análisis Cuantitativo Multitemporal de la Sierra Nevada del Cocuy en la Republica de Colombia. Duesseldorf Alemania. 1997. Informe de Pasantía. Instituto Geográfico de la Universidade de Duesseldorf Alemania.

VALENZUELA, C. R. Introduction to Geographic Information System.. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Sf

VAN DER HAMMEN. Thomas, DIAGNÓSTICO, CAMBIO GLOBAL Y CONSERVACIÓN. En: CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa). Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. 2002. Tomo I. 63 -69 p

VARGAS O, PREMAUER J, ZALAMEA M, Impacto De Fuego Y Ganadería Sobre La Vegetación De Páramo. En: CONGRESO MUNDIAL DE PARAMOS. (2002: Paipa). Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. 2002. Tomo I.

VARGAS. R.O, Impacto del Fuego y Pastoreo Sobre el Medio Ambiente Páramo. En: El Páramo un Ecosistema A Proteger, ECOAN, 63 – 73 P 1996.

VELÁZQUEZ, A. 1992. Grazing and burning in grasslands communities of high volcanoes in Mexico. Pp. 231- 242, En: H. Balslev y J.L. Luteyn (eds): Páramo. An Andean Ecoystem under Human Influence. Academia Press, Londres. Citado por: MOLINILLO M. MONASTERIO M, Patrones de Vegetación y Pastoreo en Ambientes de Páramo. En ECOTROPICOS Sociedad Venezolana de Ecología 15(1): 2002. 19-34p.

VERWEIJ, P. 1995. Spatial and Temporal Modelling of Vegetation Patterns. Burning and grazing in the paramo of los Nevados National Park, Colombia. PhD dissertation, ITC Publication 30. Citado por: MOLINILLO M. MONASTERIO M, Patrones de Vegetación y Pastoreo en Ambientes de Páramo. En ECOTROPICOS Sociedad Venezolana de Ecología 15(1): 2002. 19-34p.

VIS, M. (1989). Processes and patterns of erosion in natural and disturbed Andean forest ecosystems. Amsterdam: University of Amsterdam, Tesis de PhD. 114pp.

YASNÓ, C. J et al. Esquema de ordenamiento territorial, diagnostico territorial . Laguna de San Rafael. Municipio de Puracé Cauca.. Tomo II, 2000. 515-516 p.

Wada, K.. The distinctive properties of Andosols. *Advances in Soil Science* (1985) 2:174-223 p.

WILLIAMSON, G.B., G.F. SCHATZ, A. ALVARADO, C.S. REDHEAD, A.C. STAM y S.W. STERNER. 1986. Effects of repeated fire on tropical paramo vegetation. *Tropical Ecology* 27: 62-69. Citado por: MOLINILLO M. MONASTERIO M, Patrones de Vegetación y Pastoreo en Ambientes de Páramo. En ECOTROPICOS Sociedad Venezolana de Ecología 15(1): 2002.19-34p

WWF -Programa Colombia. en Informe del Análisis Multitemporal Parque Nacional Natural Nevado del Huila y su Zona de Influencia, Herramienta de Apoyo

para la Metodología de Análisis de Efectividad en los Parques Nacionales. Ministerio del Medio ambiente Unidad administrativa especial del sistema de Parques Nacionales Naturales Dirección Territorial Sur Andina Dirección Territorial Sur Occidente. Santiago de Cali, Febrero del 2002.

Consultas en Internet

AMÉZQUITA, E. Y PINZÓN a. 1991. Compactación de suelos por pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales*. Vol. 13, No. 2. 21 - 26 p. Citado por: Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia.

ARANGO M. G. BRANCH, J. W. BOTERO V. Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "LANDSAT TM [Disco]., sf. En :
<http://pisis.unalmed.edu.co/Planteamiento%20del%20problema.doc>.

BUJAN. D A, MANTOVANI. J. Análisis del Agua, [Disco]. Available from:
www.monograifas.com

CANTÍN. Gerardo.. Etal. Fragmentación del hábitat y su efecto borde, [Disco]. Available from: <http://www.monografias.com/trabajos5/frag/frag.shtml>

CIGLIANO, M.M., TORRUSIO, S. Sistema de Información Geográfica y Plagas de Insectos. En , *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy*. Volumen 9 - N°51. [Disco]. Marzo-Abril 1999.
<http://www.cienciahoy.org/hoy51/plagas2.htm>.

COPPUS. R. *et al*. El Estado de Salud de Algunos Páramos en el Ecuador: Una Metodología de Campo [Disco].,sf. <http://www.paramo.org/coppusetal-eser.doc>

Charla en la RDS Colombia. Parques Nacionales. [Disco]. Mayo 15 de 2002 .
http://www.rds.org.co/aa/img_upload/30af8836e18ffedc2f0c15373601ed59/charlaparques.pdf.

Domingo, F., Villagarcía, L. y Were, A. 2002. ¿Cómo se puede medir y estimar la evapotranspiración?: estado actual y evolución. *Ecosistemas* 2003/1 [Disco]. Available from: URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/informe1.htm>

DEGRADACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS [Disco]. sf. Available from:
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/083/htm/sec_7.htm

EDUFUTURO: INTRODUCCIÓN DE ESPECIAS EXOTICAS, [Disco]. sf. Available from: <http://www.edufuturo.com/educacion.php?c=1364>

ELORRIETA, J. R. TORTAJADA, F. ALONSO-PASTOR, M. CABALLERO. 2000. [Disco]. sf. Available from: <http://www.cfnavarra.es/Medioambiente/agenda/Biodiv/Intro.htm>.

ESTADES Cristián F Ciencia al Día Septiembre 1998, Vol. 1, No. 2. Especie non grata: efectos ecológicos de las especies exóticas, [Disco]. sf. Available from: <http://www.ciencia.cl/CienciaAIDia/volumen1/numero2/articulos/articulo6.html>

Fondo para la Acción Ambiental Colombia, Ponencia Para Primer Debate Al Proyecto De Ley 032 De 2003 Senado - "Por Medio Del Cual Se Crean Las Zonas De Paramos Y Se Establecen Otras Disposiciones" en [Disco]., sf http://www.accionambiental.org/prensa_7_10.htm

Fragmentación de las selvas y la conservación de la biodiversidad: el caso de las aves y mamíferos silvestres, Laboratorio de Primatología, Instituto de Biología - Universidad Nacional Autónoma de México, [Disco]. sf. Available from: <http://www.primatesmx.com/fragment.html>

FUNES, F. , 1975. Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales. Rev. Cubana Cienc. Agric. 9: 395 - 412 p. Citado por: Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia.

GALEANO, H. V. Es Tiempo De Agua Viva. Nuestra Experiencia en el Páramo. [Disco]., sf. En <http://www.alianzafrentebid.org/biblioteca/022.pdf>.

GONZÁLEZ, Marta. Las Riberas, Elementos Clave del Paisaje y en la Gestión del Agua: [Disco]. sf. Available from: http://www.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaraponengtanago.pdf

HOFSTEDE, R. El Impacto de las Actividades Humanas Sobre el Páramo. [Disco]., sf. En, <http://www.paramo.org/hofstede-impactofin.doc>.

Instituto de Investigación de recursos Biológicos, Alexander Von Humboldt, Especies amenazadas, [Disco]. sf. Available from: <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=3000011>

La Biodiversidad: [Disco]. sf. Available from: http://www.indexnet.santillana.es/rcs/_archivos/Documentos/biogeodoc/biodiversidad.pdf.

La Erosión, [Disco]. sf. Available from: http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html

La problemática de la utilización del suelo. Concepto de degradación. [Disco]. sf.

Available from:

<http://agronomia.uchile.cl/webcursos/cmd/Felipe%20Aburto/Degradaci%F3n.html>

LAL, R. 1996, Deforestation and land - use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. II. Soil chemical Properties. Land Degradation & Development, Vol. 7, 99 - 119 p. Citado por: Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia

Las aplicaciones. [Disco]., sf. En:

<http://www.codespa.org/pat/Servicios/InfoGEO/Aplicaciones.htm>.

Los Parques Naturales Y La Ecología. [Disco].

<http://www.uniandes.edu.co/Colombia/Turismo/aventura/parque~2.htm>.

Matices de Verde, Los Bosques: la sucesión ecológica, [Disco]. sf. Available from:

<http://www.jmarcano.com/bosques/tiempo/sucesion.html>

META Roger, Monografías.com, Ecología. [Disco]. sf. Available from:

<http://www.monografias.com/trabajos16/ecologia/ecologia.shtml> .

MORENO, Claudia. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 p. [Disco]. sf. Available from:

<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/mt1.htm>

Propiedades Físico-Químicas del Suelo y su Relación con los Movimientos del Agua [Disco]. sf. Available from:

<http://www.uniovi.es/BOS/Asignaturas/Fvca/seminarios/Seminariosuelo.doc>.

RODRÍGUEZ. L, J. Vertebrados introducidos: una amenaza para la biodiversidad, Revista de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente. GOBIERNO DE CANARIAS Revista 12 / Año 1999 [Disco]. sf. Available from:

<http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/revista/1999/12/48/>

III Seminario Internacional Competitividad en Leche y Carne: Impacto Ambiental de la Ganadería de Leche y Alternativas de Solución en, [Disco]. sf. Available from:

www.e-campo.com.

SADEGHIAN S, RIVERA, J. M, GÓMEZ. M, E., Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. [Disco]. sf. Available From:

<http://www.fao.org/WAICENT/FaInfo/Agricult/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Siavo sh6.htm>

SÁNCHEZ, P.; CASTILLA, C. Y ALEGRE J. 1989. Grazing pressure effects on the pasture Degradation Process. Documento No. 42511 CIAT. 182 - 187 P. Citado por: Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia.

STEENMANS, C., U. PINBORG. 2000. [Disco]. sf. Available from:
<http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape/ch5.htm>

ZERDA. H., Fotografías aéreas del Chaco (con referencia a las FAPEF). [Disco]., sf. En:
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/1749/chacofot/chacofot.html>.

ZERDA.H., Análisis del paisaje: ejemplos en el Chaco seco. [Disco]., sf. En:
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/1749/paisajan/paisajan.html>

ZERDA.H., Imágenes satelitales del Chaco seco (Ej.: Prov. de Santiago del Estero). [Disco]., sf. En :
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/1749/chacoimg/chacoimg.html>

ZERDA. H., Detección de Cambios en el Chaco. [Disco]., sf. En :
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/1749/cambios/cambios.html>

ANEXOS

Anexo 1

ACTIVIDAD CULTIVOS	R	H:4	V:5	H:3	V:4	H:3	V:3	H:2	V:3	H:2	V:3	H:3	V:5	X
		1	1		1		1		0		0		1	
RECURSO	R 2	H:4	V:13	H:3	V:7	H:2	V:6	H:4	V:3	H:3	V:3	H:2	V:2	4
		1		1		0		1		1		0		
	R 3	H:3	V:4	H:3	V:3	H:3	V:3	H:1	V:2	H:1	V:3	H:7	V:3	4
		1		1		1		0		0		1		
	R 4	H:43	V:3	H:3	V:3	H:3	V:3	H:3	V:3	H:1	V:2	H:1	V:1	4
	1		1		1		1		0		0			
R 5	H:3	V:3	H:2	V:0	H:2	V:0	H:0	V:0	H:1	V:0	H:0	V:0		
	1		0		0		0		0		0			

The diagram illustrates the following key processes and their interconnections:

- R1 - SUELO:** Includes 'Eliminación de la cubierta vegetal' (13), 'Alteración de Horizontes del Suelo' (1), 'Incremento Tª del Suelo' leading to 'Volatilización y Pérdida de Nutrientes', 'Pérdida - Capacidad de Retención de Agua', and 'Alteración características fís, quím y Biol' (1).
- R2 - VEGETACION:** Includes 'Pérdida de La Cubierta Vegetal' (1), 'Alteración de Procesos Sucesionales' (10, 12), 'Fragmentación de ecosistemas' (5), 'Pérdida de hábitat y nichos', 'Cambio en la EVTP y RR.', 'Alteraciones microclimáticas', 'Pérdida de vegetación autóctona', 'Alteración productividad primaria' (3), 'Extinción Local de Especies Vegetales', 'Aparición de SP Exóticas', and 'Alteración de la biodiversidad' (4), 'Posible pérdida de Endemismos' (6, 11).
- R3 - AGUA:** Includes 'Movimiento de tierra, Colmatación de Cauces' (14), 'Alteración de Características Fís, Quím, y Biol.', 'Variaciones En la Estructura de las Comunidades' (7), 'Alteración del microclimático' (8), 'Alteración de Red Troncal' (9), and 'Alteración de zonas ecológicas'.
- R4 - FAUNA:** Includes 'Pérdida de hábitat' (3), 'Extinción de SP' (4), 'Modificación de nichos' (6), 'Migración de Especies' (9), 'Introducción de Especies' (10), 'Alteración fauna autóctona', 'Cambios en nichos tróficos' (7), and 'Alteraciones biológicas'.
- R5 - SOCIAL:** Includes 'Ocupación humana' (12, 13, 14), 'Oportunidad para acceder a tierras', 'Estado para Ejercer actividades agropecuarias' (15), 'Salud - Seguridad', 'Incremento de vulnerabilidad', and 'Pérdida potencial paisajístico' (15).

Anexo 2

ACTIVIDAD GANADERA	R	H:3	V:5	H:3	V:4	H:3	V:3	H:3	V:3	H:3	V:2	H:3	V:5	x
RECURSO	R 1		1		1		1		1		0		1	5
	R 2	H:4	V:5	H:4	V:5	H:3	V:3	H:3	V:4	H:1	V:3	H:0	V:1	4
	R 3	H:4	V:3	H:3	V:2	H:3	V:5	H:3	V:3	H:3	V:1	H:3	V:3	4
	R 4	H:4	V:3	H:3	V:3	H:3	V:3	H:2	V:4	H:1	V:1	H:1	V:0	3
	R 5	H:3	V:4	H:1	V:0	H:2	V:0	H:1	V:0	H:0	V:0	H:	V:	

R1 - SUELO	1	Pérdida de la Cobertura vegetal	Compacción del Suelo	Incremento Tª - Suelo	Almacenamiento en relación Suelo-Planta	9	Almacenamiento de nutrientes	3	Incremento Susceptibilidad A la Erosión
R2 - VEGETACIÓN	2	Transformación - Cobertura Vegetal	Fragmentación ecosistemas	Almacenamiento de nutrientes	Pérdida - vegetación autóctona	6	Eliminación Local de Capacidad Vegetales	7	Almacenamiento de la biodiversidad
R3 - AGUA	3	Almacenamiento - Procesos Suelos orgánicos	Fragmentación ecosistemas	Almacenamiento de nutrientes	Pérdida - vegetación autóctona	6	Aplicación de SP Ecológicas	1	Disminución del nivel freático
R4 - FAUNA	4	Almacenamiento - Procesos Suelos orgánicos	Fragmentación ecosistemas	Almacenamiento de nutrientes	Pérdida - vegetación autóctona	6	Aplicación de SP Ecológicas	1	Disminución del nivel freático
R5 - SOCIAL	5	Almacenamiento - Procesos Suelos orgánicos	Fragmentación ecosistemas	Almacenamiento de nutrientes	Pérdida - vegetación autóctona	6	Aplicación de SP Ecológicas	1	Disminución del nivel freático

R1 - SUELO	6	Aumento de la Sedimentación	Incremento en Fertilidad	Almacenamiento de Capacidad Físico, Químico y biológico	Variaciones En la Estructura de Comunidades Acuáticas	10	Almacenamiento de competencia anti-SP	1	Disminución del nivel freático
R2 - VEGETACIÓN	7	Aumento de la Sedimentación	Incremento en Fertilidad	Almacenamiento de Capacidad Físico, Químico y biológico	Variaciones En la Estructura de Comunidades Acuáticas	10	Almacenamiento de competencia anti-SP	1	Disminución del nivel freático
R3 - AGUA	8	Aumento de la Sedimentación	Incremento en Fertilidad	Almacenamiento de Capacidad Físico, Químico y biológico	Variaciones En la Estructura de Comunidades Acuáticas	10	Almacenamiento de competencia anti-SP	1	Disminución del nivel freático
R4 - FAUNA	9	Pérdida de hábitat - Desplazamiento de La Fauna	Modificación y sobrepastoreo de nichos	Migración de Capacidad	Introducción de Capacidad	8	Almacenamiento de fauna autóctona	7	Almacenamiento de biodiversidad poblacional
R5 - SOCIAL	10	Pérdida de hábitat - Desplazamiento de La Fauna	Modificación y sobrepastoreo de nichos	Migración de Capacidad	Introducción de Capacidad	8	Almacenamiento de fauna autóctona	7	Almacenamiento de biodiversidad poblacional

R1 - SUELO	11	Organización humana	Capacidad para Ejecutar actividades agropecuarias	Almacenamiento de cuerpo de agua	Incremento de Vulnerabilidad	Pérdida potencial Ecológica	4	Almacenamiento de biodiversidad poblacional
R2 - VEGETACIÓN	12	Organización humana	Capacidad para Ejecutar actividades agropecuarias	Almacenamiento de cuerpo de agua	Incremento de Vulnerabilidad	Pérdida potencial Ecológica	4	Almacenamiento de biodiversidad poblacional
R3 - AGUA	13	Organización humana	Capacidad para Ejecutar actividades agropecuarias	Almacenamiento de cuerpo de agua	Incremento de Vulnerabilidad	Pérdida potencial Ecológica	4	Almacenamiento de biodiversidad poblacional
R4 - FAUNA	14	Organización humana	Capacidad para Ejecutar actividades agropecuarias	Almacenamiento de cuerpo de agua	Incremento de Vulnerabilidad	Pérdida potencial Ecológica	4	Almacenamiento de biodiversidad poblacional
R5 - SOCIAL	15	Organización humana	Capacidad para Ejecutar actividades agropecuarias	Almacenamiento de cuerpo de agua	Incremento de Vulnerabilidad	Pérdida potencial Ecológica	4	Almacenamiento de biodiversidad poblacional

Anexo 3

													X	
ACTIVIDAD QUEMA	R 1	H:4	V:5	H:3	V:3	H:2	V:3	H:3	V:4	H:1	V:2	H:3	V:3	4
	R 2	H:4	V:4	H:3	V:3	H:3	V:4	H:3	V:5	H:1	V:3	H:1	V:2	4
	R 3	H:3	V:3	H:3	V:3	H:3	V:3	H:1	V:2	H:1	V:2	H:	V:	3
	R 4	H:4	V:3	H:3	V:3	H:2	V:2	H:2	V:1	H:1	V:1	H:	V:	2
	R 5	H:4	V:3	H:0	V:0	H:1	V:0	H:1	V:0	H:	V:	H:	V:	
R1 - SUELO	<p>Perdida de Protección superficial → Alteración de la TP → Ruptura química de estructuras Superficiales → Perdida de Nutrientes por Volatilización, Utilización y Lixiviación → Alteración de Las Características Físicas, Químicas y Biológicas → Alteración en la capacidad productiva del suelo → Aumento de la Susceptibilidad a la Erosión</p>													
R2 - VEGETACIÓN	<p>Perdida de la cobertura vegetal → Fragmentación → Alteración de la Biodiversidad → Extinción local de Especies → Aparición de Especies Exóticas → Incremento Tiempo Involución → Alteraciones Microclimáticas → Alteración en Procesos Sucesionales</p>													
R3 - AGUA	<p>Modificación del Nivel Freático → Incremento material Aluvión y sedimentos → Alteración Zonas Ecológicas → Cambio en las características físicas, químicas y Biológicas → Alteración - estructuras - comunidades Acuáticas</p>													
R4 - FAUNA	<p>Perdida de Hábital y Nichos → Extinción Local de Especies → Posible pérdida de Endemismos → Aparición de especies Exóticas → Incremento de la competencia → Modificación de las estructuras de las comunidades</p>													
R5 - SOCIAL	<p>Aumento de Áreas Dúctiles para pasareo → Disminución - Productividad del sistema a largo plazo → Ahorro de Mano de Obra → Incremento del valor proleco de las gramíneas temporalmente</p>												3 2 5	

Anexo 4 Relación de las especies encontradas asociadas a cada tipo fisonómico trabajado.

CÓDIGO	NOMBRE CIENTÍFICO	TIPO FISONÓMICO
JPM_144	<i>Baccharis macrantha</i>	Arbustal
JPM_131	<i>Conyza sp.</i>	Arbustal
JPM_245	<i>Diplostephium floribundum</i>	Arbustal
SCJD_214	<i>Disterigma acuminatum</i>	Arbustal
JPM_133	<i>Drymaria cordata</i>	Arbustal
SCJD_144	<i>Elaphoglossum mathewsii</i>	Arbustal
JPM_138	<i>Epilobium denticulatum</i>	Arbustal
JPM_136	<i>Gentianella rapunculooides</i>	Arbustal
JPM_134	<i>Halenia weddelliana</i>	Arbustal
JPM_024	<i>Hypericum laricifolium</i>	Arbustal
SCJD_209	<i>Jamesonia rubricaulis</i>	Arbustal
JPM_088	<i>Lachemilla galioides</i>	Arbustal
_101,_140	<i>Lasiocephalus otophorus</i>	Arbustal
JPM_259	<i>Macleania sp.</i>	Arbustal
JPM_051,JPM_145	<i>Miconia salicifolia</i>	Arbustal
JPM_075	<i>Niphogeton ternata</i>	Arbustal
SCJD_56	<i>Pentacalia arbutifolia</i>	Arbustal
JPM_111, JPM_168	<i>Pentacalia sp.</i>	Arbustal
JPM_063	<i>Pentacalia vaccinioides</i>	Arbustal
JPM_019	<i>Pernettya prostrata</i>	Arbustal
JPM_129	<i>Ranunculus sp.</i>	Arbustal
JPM_124, JPM_141	<i>Rubus glabratus</i>	Arbustal
SCJD_191	<i>Sphagnum magellanicum</i>	Arbustal
JPM_119, JPM_205, SCJD_177	<i>Ageratina tinifolia</i>	Arbustal Intervenido
JPM_112	<i>Calamagrostis effusa</i>	Arbustal Intervenido
JPM_307	<i>Carex bonplandii</i>	Arbustal Intervenido
SCJD_134	<i>Diplostephium floribundum</i>	Arbustal Intervenido
JPM_072	<i>Geranium confertum</i>	Arbustal Intervenido
SCJD_181	<i>Hypericum aciculare</i>	Arbustal Intervenido
JPM_068	<i>Hypericum laricifolium</i>	Arbustal Intervenido
SCJD_159	<i>Jamesonia rubricaulis</i>	Arbustal Intervenido
JPM_142, 147	<i>Pentacalia vaccinioides</i>	Arbustal Intervenido
JPM_241	<i>Ageratina tinifolia</i>	Bosque
JPM_248	<i>Baccharis sp.</i>	Bosque
JPM_220	<i>Blechnum cordatum</i>	Bosque
JPM_003	<i>Blechnum loxensis</i>	Bosque
JPM_232, JPM_261	<i>Bomarea linifolia</i>	Bosque
JPM_235	<i>Brachyonidium sp.</i>	Bosque
JPM_182	<i>Brachyotum lindenii</i>	Bosque
JPM_080, JPM_105	<i>Carex jamesonii</i>	Bosque
JPM_214, JPM_223	<i>Chorisodontium mittenii</i>	Bosque
JPM_181	<i>Cybianthus marginatus</i>	Bosque

JPM_177	<i>Desfontainia parvifolia</i>	Bosque
SCJD_169	<i>Diplostegium floribundum</i>	Bosque
JPM_046	<i>Diplostegium glandulosum</i>	Bosque
JPM_183	<i>Diplostegium sp.</i>	Bosque
SCJD_223	<i>Disterigma acuminatum</i>	Bosque
JPM_016	<i>Disterigma sp.</i>	Bosque
JPM_319	<i>Elaphoglossum sp.</i>	Bosque
JPM_172	<i>Elleanthus sp.</i>	Bosque
JPM_198	<i>Epidendrum sp.</i>	Bosque
JPM_115, JPM_222, JPM_251	<i>Gaiadendron punctatum</i>	Bosque
SCJD_116	<i>Galium hypocarpium</i>	Bosque
SCJD_201	<i>Galium hypocarpium</i>	Bosque
JPM_247	<i>Gaultheria erecta</i>	Bosque
JPM_202, SCJD_124, SCJD_145	<i>Gaultheria insipida</i>	Bosque
JPM_254	<i>Greigia sp.</i>	Bosque
JPM_110, JPM_249	<i>Gynoxys sp.</i>	Bosque
JPM_184	<i>Hedyosmum cumbalense</i>	Bosque
JPM_205	<i>Hedyosmum sp.</i>	Bosque
SCJD_139	<i>Huperzia hippuridea</i>	Bosque
SCJD_140	<i>Hymenophyllum sodiroi</i>	Bosque
JPM_179	<i>Ilex colombiana</i>	Bosque
JPM_226	<i>Ilex myricoides</i>	Bosque
SCJD_147	<i>Lellingeria sp.</i>	Bosque
JPM_201	<i>Macleania pubiflora</i>	Bosque
JPM_149	<i>Macleania sp.</i>	Bosque
JPM_215, JPM_224	<i>Maytenus novogranatensis</i>	Bosque
JPM_237	<i>Melpomene sp.</i>	Bosque
JPM_331, JPM_332	<i>Miconia chlorocarpa</i>	Bosque
_240	<i>Miconia cuneifolia</i>	Bosque
SCJD_133	<i>Miconia curvitheca</i>	Bosque
JPM_330	<i>Miconia puracensis</i>	Bosque
JPM_206, JPM_207	<i>Miconia sp.</i>	Bosque
JPM_166	<i>Monnina sp.</i>	Bosque
JPM_050, JPM_186	<i>Myrsine dependens</i>	Bosque
JPM_132	<i>Niphogeton ternata</i>	Bosque
JPM_116, JPM_257	<i>Oreopanax seemannianus</i>	Bosque
SCJD_125	<i>Oxalis sp.</i>	Bosque
JPM_194, JPM_234	<i>Pachyphyllum pastii</i>	Bosque
JPM_199	<i>Pachyphyllum sp.</i>	Bosque
JPM_249, JPM_252	<i>Pentacalia sp.</i>	Bosque
SCJD_129	<i>Pentacalia trichopus</i>	Bosque
SCJD_149	<i>Pentacalia vaccinioides</i>	Bosque
JPM_233, JPM_260	<i>Pentacalia weinmannifolia</i>	Bosque
JPM_262	<i>Peperomia sp.</i>	Bosque
JPM_135	<i>Pernettya prostrata</i>	Bosque
JPM_195, JPM_209	<i>Pleurothallis sp.</i>	Bosque

JPM_236, JPM_255	<i>Polypodium monosorum.</i>	Bosque
JPM_034	<i>Polypodium sp.</i>	Bosque
JPM_263	<i>Siphocampylus sp.</i>	Bosque
SCJD_115	<i>Symplocos quitensis</i>	Bosque
JPM_256	<i>Thelypteris sp.</i>	Bosque
SCJD_136	<i>Themistoclesia dependens</i>	Bosque
JPM_188, JPM_208, JPM_216	<i>Themistoclesia mucronata</i>	Bosque
JPM_126	<i>Thibaudia parvifolia</i>	Bosque
JPM_258	<i>Vaccinium floribundum</i>	Bosque
JPM_250	<i>Weinmannia brachystachya</i>	Bosque
JPM_022	<i>Weinmannia mariquitae</i>	Bosque
JPM_320	<i>Blechnum auratum</i>	Bosque Intervenido
_112	<i>Calamagrostis macrophylla</i>	Bosque Intervenido
JPM_231, JPM_328	<i>Cybianthus marginatus</i>	Bosque Intervenido
SCJD_178	<i>Diplostephium floribundum</i>	Bosque Intervenido
SCJD_213, SCJD_216	<i>Diplostephium hartwegii</i>	Bosque Intervenido
JPM_325	<i>Disterigma acuminatum</i>	Bosque Intervenido
JPM_204	<i>Disterigma sp..</i>	Bosque Intervenido
JPM_150	<i>Elaphoglossum sp.</i>	Bosque Intervenido
SCJD_205	<i>Elleanthus ensatus</i>	Bosque Intervenido
JPM_191, 192	<i>Gaultheria insipida</i>	Bosque Intervenido
JPM_329	<i>Hedyosmum cumbalense</i>	Bosque Intervenido
JPM_327	<i>Hesperomeles</i>	Bosque Intervenido
SCJD_206	<i>Hypericum ruscoides</i>	Bosque Intervenido
JPM_333	<i>Ilex myricoides</i>	Bosque Intervenido
JPM_148	<i>Jamesonia rubricaulis</i>	Bosque Intervenido
JPM_148	<i>Jamesonia sp.</i>	Bosque Intervenido
JPM_225	<i>Miconia chlorocarpa</i>	Bosque Intervenido
JPM_217, JPM_227, JPM_228	<i>Miconia sp.</i>	Bosque Intervenido
JPM_229, JPM_326	<i>Myrsine dependens</i>	Bosque Intervenido
JPM_239	<i>Pernettya prostrata</i>	Bosque Intervenido
JPM_253, JPM_321	<i>Pleurothallis sp.</i>	Bosque Intervenido
JPM_322	<i>Sphagnum sp.</i>	Bosque Intervenido
JPM_180,	<i>Themistoclesia dependens</i>	Bosque Intervenido
JPM_230, JPM_246, JPM_324	<i>Themistoclesia mucronata</i>	Bosque Intervenido
SCJD_225	<i>Thibaudia parvifolia</i>	Bosque Intervenido
SCJD_148	<i>Ugni myricoides</i>	Bosque Intervenido
SCJD_204	<i>Weinmannia mariquitae</i>	Bosque Intervenido
JPM_003	<i>Blechnum loxensis</i>	Chuscal
JPM_175	<i>Campylopus pittieri</i>	Chuscal
JPM_151	<i>Chusquea tessellata</i>	Chuscal
SCJD_153	<i>Cortaderia sp.</i>	Chuscal
JPM_146	<i>Diplostephium cinerascens</i>	Chuscal
JPM_323	<i>Diplostephium sp.</i>	Chuscal
JPM_211	<i>Disterigma sp..</i>	Chuscal
JPM_169	<i>Elaphoglossum sp.</i>	Chuscal

JPM_213	<i>Elleanthus sp.</i>	Chuscal
JPM_316	<i>Geranium sp.</i>	Chuscal
SCJD_167	<i>Huperzia hokenackeri (conf. Sp.)</i>	Chuscal
SCJD_90	<i>Jamesonia rubricualis</i>	Chuscal
SCJD_193	<i>Lupinus expetendus</i>	Chuscal
SCJD_101	<i>Lycopodium clavatum</i>	Chuscal
SCJD_170	<i>Melpomene sp.</i>	Chuscal
SCJD_58	<i>Monnina revoluta</i>	Chuscal
SCJD_161	<i>Myrteola nummularia</i>	Chuscal
JPM_167	<i>Niphogeton ternata</i>	Chuscal
SCJD_157	<i>Paepalanthus</i>	Chuscal
SCJD_72	<i>Pentacalia leioclada</i>	Chuscal
SCJD_191	<i>Pentacalia vaccinioides</i>	Chuscal
JPM_064	<i>Puya cuatrecasasii</i>	Chuscal
SCJD_94	<i>Rynchospora macrochaeta</i>	Chuscal
JPM_311	<i>Sphagnum magellanicum</i>	Chuscal
SCJD_207	<i>Ugni myricoides</i>	Chuscal
SCJD_165	<i>Vaccinium floribundum</i>	Chuscal
SCJD_105	<i>Aciachne pulvinata</i>	Chuscal Intervenido
JPM_060, JPM_077, JPM_081, JPM_090, JPM_154, JPM_155, JPM_012, JPM_102	<i>Agrostis sp.</i>	Chuscal Intervenido
JPM_003	<i>Blechnum loxensis</i>	Chuscal Intervenido
JPM_304, JPM_082	<i>Carex sp.</i>	Chuscal Intervenido
JPM_170	<i>Disterigma sp..</i>	Chuscal Intervenido
JPM_193, JPM_210	<i>Elaphoglossum sp.</i>	Chuscal Intervenido
JPM_078	<i>Espeletia hartwegiana</i>	Chuscal Intervenido
SCJD_89	<i>Hesperomeles heterophylla</i>	Chuscal Intervenido
SCJD_104	<i>Huperzia brevifolia</i>	Chuscal Intervenido
SCJD_65	<i>Huperzia sp.</i>	Chuscal Intervenido
JPM_006	<i>Hypericum laricifolium</i>	Chuscal Intervenido
SCJD_160	<i>Jamesonia sp.</i>	Chuscal Intervenido
JPM_062	<i>Loricaria thuyoides</i>	Chuscal Intervenido
SCJD_172	<i>Lycopodium clavatum</i>	Chuscal Intervenido
SCJD_66	<i>Monnina revoluta</i>	Chuscal Intervenido
SCJD_187	<i>Myrteola nummularia</i>	Chuscal Intervenido
JPM_335	<i>Pernettya prostrata</i>	Chuscal Intervenido
SCJD_152	<i>Rynchospora macrochaeta</i>	Chuscal Intervenido
JPM_238	<i>Vaccinium floribundum</i>	Chuscal Intervenido
JPM_248	<i>Baccharis sp.</i>	Pajonal
JPM_302	<i>Bromus sp.</i>	Pajonal
JPM_159	<i>Carex jamesonii</i>	Pajonal
JPM_151	<i>Chusquea tessellata</i>	Pajonal
JPM_061, JPM_158	<i>Cortaderia nitida</i>	Pajonal
JPM_157	<i>Festuca sp.</i>	Pajonal
JPM_152	<i>Juncus effusus</i>	Pajonal
JPM_156	<i>Neurolepis sp.</i>	Pajonal

JPM_153	<i>Sisyrinchium jamesonii</i>	Pajonal
SCJD_47, SCJD_76	<i>Baccharis genistelloides</i>	Pajonal
SCJD_63	<i>Bartsia santolinifolia</i>	Pajonal
SCJD_45	<i>Breutelia inclinata</i>	Pajonal
JPM_310	<i>Calamagrostis effusa</i>	Pajonal
_310	<i>Calamagrostis macrophylla</i>	Pajonal
SCJD_59	<i>Castilleja fissifolia</i>	Pajonal
JPM_139	<i>Conyza sp.</i>	Pajonal
JPM_200	<i>Diplostephium glandulosum</i>	Pajonal
JPM_244	<i>Diplostephium sp.</i>	Pajonal
JPM_071	<i>Eryngium humile</i>	Pajonal
JPM_078	<i>Espeletia hartwegiana</i>	Pajonal
JPM_117	<i>Gaultheria insipida</i>	Pajonal
SCJD_49	<i>Gentianella rapunculoides</i>	Pajonal
JPM_137	<i>Geranium confertum</i>	Pajonal
SCJD_87	<i>Greigia sp.</i>	Pajonal
SCJD_92	<i>Huperzia sp.</i>	Pajonal
JPM_070	<i>Hypericum laricifolium</i>	Pajonal
SCJD_58	<i>Hypochoeris sessiliflora</i>	Pajonal
SCJD_86	<i>Isoetes novogranatensis</i>	Pajonal
SCJD_62	<i>Lachemilla galioides</i>	Pajonal
SCJD_59	<i>Leptodontium sp.</i>	Pajonal
SCJD_57	<i>Monnina revoluta</i>	Pajonal
JPM_203	<i>Monnina sp.</i>	Pajonal
SCJD_67	<i>Neurolepis aristata</i>	Pajonal
SCJD_71	<i>Niphogeton ternata</i>	Pajonal
SCJD_41	<i>Pentacalia vaccinioides</i>	Pajonal
SCJD_70	<i>Plantago hirtella</i>	Pajonal
SCJD_54	<i>Pleurozium schreberi</i>	Pajonal
SCJD_75	<i>Ranunculus sp.</i>	Pajonal
JPM_067, JPM_104	<i>Senecio formosus</i>	Pajonal
JPM_076	<i>Stipa sp.</i>	Pajonal
SCJD_40	<i>Valeriana plantaginea</i>	Pajonal
JPM_060, JPM_077, JPM_081, JPM_090, JPM_154, JPM_155, JPM_012, JPM_102	<i>Agrostis sp.</i>	Pajonal Intervenido
JPM_003	<i>Blechnum loxensis</i>	Pajonal Intervenido
JPM_303	<i>Bromus sp.</i>	Pajonal Intervenido
JPM_013	<i>Calamagrostis effusa</i>	Pajonal Intervenido
SCJD_219	<i>Calamagrostis macrophylla</i>	Pajonal Intervenido
JPM_307	<i>Carex bonplandii</i>	Pajonal Intervenido
JPM_192	<i>Carex jamesonii</i>	Pajonal Intervenido
SCJD_183, SCJD_185	<i>Cortaderia sp.</i>	Pajonal Intervenido
JPM_078	<i>Espeletia hartwegiana</i>	Pajonal Intervenido
SCJD_73	<i>Geranium confertum</i>	Pajonal Intervenido
JPM_104, JPM_301	<i>Hieracium sp.</i>	Pajonal Intervenido
JPM_042, JPM_305, JPM_313	<i>Holcus lanatus</i>	Pajonal Intervenido

SCJD_55	<i>Hypericum aciculare</i>	Pajonal Intervenido
JPM_317	<i>Hypericum laricifolium</i>	Pajonal Intervenido
JPM_173	<i>Lupinus sp.</i>	Pajonal Intervenido
SCJD_93	<i>Myrteola nummularia</i>	Pajonal Intervenido
SCJD_51	<i>Pentacalia vaccinioides</i>	Pajonal Intervenido
JPM_315	<i>Ranunculus praemorsus</i>	Pajonal Intervenido
JPM_314	<i>Rubus glabratus</i>	Pajonal Intervenido
JPM_308	<i>Rumex acetosella</i>	Pajonal Intervenido
SCJD_197	<i>Rynchospora sp.</i>	Pajonal Intervenido
JPM_309	<i>Sphagnum sp.</i>	Pajonal Intervenido
JPM_306	<i>Stipa sp.</i>	Pajonal Intervenido
JPM_174	<i>Valeriana bracteata</i>	Pajonal Intervenido
JPM_300	<i>Valeriana plantaginea</i>	Pajonal Intervenido
JPM_318	<i>Veronica serpyllifolia</i>	Pajonal Intervenido
SCJD_196	<i>Xyris subulata</i>	Pajonal Intervenido